

STUDI PENGARUH MASSA BAHAN TERHADAP KUALITAS KRISTAL BAHAN SEMIKONDUKTOR $\text{Sn}(\text{S}_{0.6}\text{Te}_{0.4})$ HASIL PREPARASI MENGGUNAKAN METODE BRIDGMAN

THE STUDY OF MASS EFFECT ON THE QUALITY CRYSTAL OF SEMICONDUCTOR MATERIAL $\text{Sn}(\text{S}_{0.6}\text{Te}_{0.4})$ PREPARATION BY USING BRIDGMAN'S METHOD

Nuril Hidayati¹⁾ dan Ariswan²⁾

Mahasiswa Prodi Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Yogyakarta¹⁾ dan

Dosen Prodi Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Yogyakarta²⁾

nurilhidayati393@yahoo.co.id

Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui struktur kristal, morfologi permukaan kristal, dan komposisi kimia bahan kristal semikonduktor $\text{Sn}(\text{S}_{0.6}\text{Te}_{0.4})$ yang dipreparasikan dan ditumbuhkan menggunakan metode Bridgmann. Pada penelitian ini dibuat tiga sampel dengan variasi massa bahan. Massa bahan yang digunakan pada sample pertama sejumlah 1,996 gram, sampel kedua 2,003 gram dan sampel ketiga 2,010 gram. Dalam penelitian ini suhu yang digunakan untuk pemanasan ketiga sampel adalah sama yaitu mulai dari 28°C , 300°C selama 2 jam, dan 600°C selama 6 jam. Sifat-sifat kristal $\text{Sn}(\text{S}_{0.6}\text{Te}_{0.4})$ hasil preparasi dikarakterisasi menggunakan XRD untuk mengetahui struktur kristal, SEM untuk mengetahui morfologi permukaan kristal dan EDAX untuk mengetahui komposisi kimia kristal. Hasil karakterisasi XRD menunjukkan bahwa kristal $\text{Sn}(\text{S}_{0.6}\text{Te}_{0.4})$ yang terbentuk merupakan polikristal dengan stuktur Orthorombik. Parameter-parameter kisi sampel pertama adalah $a = 4,426 \text{ \AA}$, $b = 11,151 \text{ \AA}$ dan $c = 3,959 \text{ \AA}$, untuk sampel kedua adalah $a = 4,273 \text{ \AA}$, $b = 11,134 \text{ \AA}$ dan $c = 3,934 \text{ \AA}$, sedangkan untuk sampel 3 adalah $a = 4,286 \text{ \AA}$, $b = 11,134 \text{ \AA}$ dan $c = 4,059 \text{ \AA}$. Hasil analisis SEM menunjukkan bahwa kristal $\text{Sn}(\text{S}_{0.6}\text{Te}_{0.4})$ adalah homogen. Sedangkan hasil analisis EDAX memperlihatkan kristal $\text{Sn}(\text{S}_{0.6}\text{Te}_{0.4})$ mempunyai komposisi kimia Sn, S dan Te dengan perbandingan molaritas 1 : 0,57 : 0,42

Kata kunci : teknik bridgmann, struktur kristal, morfologi permukaan, komposisi kimia, kristal $\text{Sn}(\text{S}_{0.6}\text{Te}_{0.4})$

Abstract

The purpose of this study was to determine the crystal structure, crystal surface morphology, and chemical composition crystal of the semiconductor cryetal material $\text{Sn}(\text{S}_{0.6}\text{Te}_{0.4})$ which was preparation and grown by using Bridgman method. There were three samples were made with material mass variation. Material mass that was used in the first sample was 1,996 grams, the second sample was 2,003 grams and the third sample was 2,010 grams. The temperature used in this research to the sample were heated from 28°C , 300°C during 2 hours, and 600°C during 6 hours. The properties of crystalline $\text{Sn}(\text{S}_{0.6}\text{Te}_{0.4})$ were characterized by using XRD to determine the crystal structure, SEM to determine the crystal surface morphology and EDAX to determine the chemical composition. The result XRD characterization showed that crystal $\text{Sn}(\text{S}_{0.6}\text{Te}_{0.4})$ was a polycrystalline whit structured orthorhombic structure. The lattice parameters of the first sample were $a = 4,426 \text{ \AA}$, $b = 11,151 \text{ \AA}$ and $c = 3,959 \text{ \AA}$, the second sample were $a = 4,273 \text{ \AA}$, $b = 11,134 \text{ \AA}$ and $c = 3,934 \text{ \AA}$, and the hird sample were $a = 4,286 \text{ \AA}$, $b = 11,134 \text{ \AA}$ and $c = 4,059 \text{ \AA}$. The result SEM analysis showed that crystal $\text{Sn}(\text{S}_{0.6}\text{Te}_{0.4})$ was homogeneous. The EDAX analysis shows crystal $\text{Sn}(\text{S}_{0.6}\text{Te}_{0.4})$ has chemical compositions of Sn, S and with molar ratio 1: 0,57: 0,42

Keywords: Bridgmann method, crystal structure, surface morphology, chemical composition, crystal $\text{Sn}(\text{S}_{0.6}\text{Te}_{0.4})$

I. PENDAHULUAN

Dewasa ini kemajuan peradaban manusia memerlukan banyak energi untuk melakukan berbagai proses kegiatan dalam kehidupannya. Secara umum sumber energi dapat dibedakan menjadi dua jenis. Pertama, sumber energi konservatif yang sudah ada di alam dan dapat secara langsung dimanfaatkan. Contoh jenis sumber energi ini adalah bahan bakar fosil seperti bahan bakar minyak dan batubara. Kedua, sumber energi terbarukan yaitu sumber energi yang melimpah di alam dan tak pernah habis pakai, namun sumber energi memerlukan penerapan teknologi tertentu agar dapat dimanfaatkan. Sebagai contoh jenis sumber energi terbarukan ini adalah energi matahari, panas bumi, nuklir, air, angin dan lain-lain. Kemajuan teknologi saat ini telah banyak berhasil memanfaatkan sumber energi terbarukan untuk dikonversi menjadi energi listrik. Hal ini sangat menarik karena persediaan minyak bumi dan batubara di satu sisi mengalami penipisan persediaannya dan di sisi lainnya dalam penggunaannya menyebabkan polusi yang tentu berbahaya dalam kehidupan modern ini.

Di antara energi terbarukan, energi matahari menjadi pilihan utama bagi Indonesia mengingat posisi geografisnya dan diketahui menerima radiasi energi harian rata-rata per satuan luas per satuan waktu kira-kira sebesar $4,8 \text{ kW/m}^2$.^[1] Proses perubahan energi matahari langsung menjadi energi listrik dengan memanfaatkan piranti yang disebut sel surya. Sel surya merupakan sambungan antara semikonduktor tipe-p dan semikonduktor tipe-

n. Dalam sambungan p-n tersebut terbentuk tiga daerah berbeda. Daerah pertama disebut netral tipe-p, daerah kedua disebut daerah netral tipe-n, dan daerah ketiga disebut daerah pengosongan (depleksi). Pada daerah pertama dan kedua tidak bermuatan, sedangkan pada daerah depleksi terdapat ion-ion negatif atom-atom akseptor pada bagian semikonduktor tipe p dan pada bagian semikonduktor tipe-n terdapat ion-ion positif atom-atom donor. Oleh karena itu, pada daerah depleksi ini terdapat medan listrik internal yang arahnya dari n ke p. Ketika radiasi gelombang elektromagnet mengenai sel surya, maka akan terbentuk *electron* dan *hole*. Karena pengaruh medan listrik internal, maka *hole* akan bergerak menuju ke daerah tipe-n dan *electron* bergerak ke daerah tipe-p sehingga keduanya menghasilkan arus foto difusi. Pada daerah pengosongan dapat pula terjadi pasangan *hole* dan *electron*. Karena pengaruh medan internal yang sama, maka *hole* akan bergerak ke arah mayoritas sehingga menghasilkan arus generasi.^[2]

Penumbuhan bahan dasar pembuatan sel surya yang saat ini banyak dikembangkan adalah dengan pemanfaatan semikonduktor menggunakan bahan silikon. Sel surya yang digunakan saat ini sebagian besar terbuat dari silikon. Persentase penggunaan bahan sel surya dewasa ini adalah 43% silikon polikristal, 39% silikon kristal tunggal, 1% silikon lapisan tipis, 3% silikon dalam bentuk ribbon, dan 14% bahan selain silikon. Silikon mendominasi bahan sel surya karena teknologi fabrikasinya sudah mapan. Saat ini sel surya silikon telah

mendominasi pasar sel surya sekitar 82% dan efisiensi lab sebesar 24,7%. Namun demikian, penelitian menggunakan bahan lain terus dilakukan hingga kini dan bahkan pada masa-masa yang akan datang. Beberapa penelitian dalam tingkat sel surya telah dihasilkan misalnya GaAs (kristal) dengan efisiensi mencapai 2,5%, Cu(Ga,In)Se memberikan efisiensi 18,8% dan apabila menggunakan konsentrator mencapai 21,5%. Bahkan pada tahun 2005 dengan sistem multi sambungan efisiensinya diharapkan mencapai 40%.^[3]

Seiring berkembangnya ilmu pengetahuan, selain menggunakan silikon dapat juga menggunakan bahan semikonduktor lainnya, seperti jenis material semikonduktor yang berasal dari perpaduan golongan IV, dan VI, yaitu semikonduktor gabungan material Sn, S, dan Te. Dalam penelitian sebelumnya diketahui bahwa energi gap SnS (golongan IV dan VI) sebesar 1,7 eV dan energi gap SnTe (golongan IV dan VI) sebesar 0,4 eV pada suhu 0 K.^[4] Bahan Sn(S_{0.6}Te_{0.4}) merupakan paduan semikonduktor SnS yang diberi pengotoran atom Te diharapkan dapat menurunkan energi gap SnS, sampai mendekati energi gap Si sebesar 1,1 eV yang dapat diaplikasikan dalam sel surya. Hal ini dilakukan karena telah diketahui bahwa dalam pembuatan sel surya harus memenuhi persyaratan bahwa bahan semikonduktor yang dihasilkan harus memiliki panjang gelombang pada rentang 350-700 nm atau dengan energi gap 1,1 eV agar memberikan efisiensi termal maksimal. Penumbuhan semikonduktor Sn(S_{0.6}Te_{0.4}) dilakukan karena ketersediaan bahan Sn, S, dan

Te masih melimpah dibandingkan dengan bahan Si.

Bahan semikonduktor Sn(S_{0.6}Te_{0.4}) tentu dapat dibuat dengan memperhatikan perbandingan molaritas masing-masing bahan yaitu Sn, S, dan Te dengan perbandingan molaritas 1: 0,6 : 0,4 atau 5 : 3 : 2. Molaritas bahan ini berpengaruh pada massa masing-masing bahan yang digunakan untuk penumbuhan kristal bahan semikonduktor. Variasi massa bahan dengan komposisi molaritas yang sama diperlukan untuk meneliti tingkat kualitas kristal bahan semikonduktor Sn(S_{0.6}Te_{0.4}).

Dalam sebuah penelitian penumbuhan kristal, maka sangat diperlukan informasi mengenai struktur dan parameter kisi kristal yang dihasilkan. Hal ini sangat berguna untuk dijadikan acuan pada penelitian selanjutnya. Dalam penelitian ini dilakukan karakterisasi dan analisis untuk mengetahui struktur dan parameter kisi kristal. Bentuk morfologi dan komposisi kimia kristal yang dihasilkan juga perlu diketahui dari kristal yang dihasilkan agar dapat dijadikan acuan dalam pemanfaatan kristal lebih lanjut.

Pada penelitian ini akan dilakukan penumbuhan kristal Sn(S_{0.6}Te_{0.4}) menggunakan teknik Bridgmann. Hal ini dilakukan karena penumbuhan kristal menggunakan teknik Bridgmann sederhana dan biayanya dapat dijangkau pada skala laboratorium. Prinsip dasar teknik Bridgmann adalah pemanasan bahan dasar dengan kemurnian tinggi 99,99% menggunakan tabung *pyrex* yang telah di vakum dan dipanaskan

menggunakan *furnace*, dengan massa masing-masing bahan sesuai dengan material yang diharapkan. Dalam pemanasan bahan, pemahaman tentang diagram fase sangat diperlukan untuk menentukan alur pemanasan. Setelah mendapatkan hasil dari proses penumbuhan kristal tersebut dalam bentuk masif atau ingot selanjutnya dilakukan karakterisasi untuk menyatakan kualitas hasil penumbuhan kristal tersebut.

Karakterisasi merupakan hal yang penting untuk mengetahui apakah sampel yang diperoleh sesuai dengan harapan peneliti. Fasilitas yang bisa dilakukan terhadap hasil preparasi adalah sistem peralatan *Energy Dispersive of Analysis X-Ray* (EDAX) untuk mengetahui komposisi bahan hasil preparasi dan *Scanning Electron Mycroscope* (SEM) untuk mengetahui bentuk morfologi permukaan dari sampel. Struktur kristal dan parameter kisi kristal dapat diketahui melalui pengamatan dengan menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD).

II. METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan November 2015 sampai Februari 2016 di Laboratorium Material FMIPA UNY, Laboratorium Kimia FMIPA UNY dan LPPT Unit 1 UGM.

B. Instrumen Penelitian

Penelitian penumbuhan kristal dilakukan dengan langkah-langkah berikut.

1. Menyiapkan bahan yang akan ditumbuhkan menjadi bahan semikonduktor, yaitu Sulfur, Stannum, dan Tellurium. Teknik preparasi semikonduktor yang akan digunakan adalah teknik Bridgman. Langkah yang dilakukan adalah dengan pemvakuman bahan yang telah ditimbang dan dimasukkan dalam tabung pyrex hingga tekanan 5.10^{-5} mbar dan dipanaskan dari suhu 28°C dinaikkan ke suhu 300°C selama 2 jam kemudian dinaikkan suhu 600°C selama 6 jam menggunakan mesin *Furnace* tipe Brandstead Thermolyne seri 47900.

2. Karakterisasi kristal

Alat yang akan digunakan untuk mengkarakterisasi kristal yang dihasilkan adalah:

- a. Mesin XRD tipe MiniFlex 600.
- b. Mesin SEM EDAX tipe Jeol JBM-6510LA.

C. Langkah Penelitian

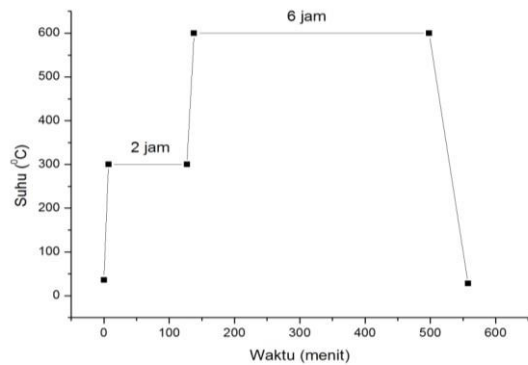
1. Persiapan

Sebelum kristal ditumbuhkan, ada beberapa hal yang dilakukan, yaitu mempersiapkan komposisi bahan yang digunakan dengan penimbangan massa bahan yang dibutuhkan. Untuk sampel 1 jumlah campuran bahan Sn, S, dan Te sebanyak 1,996 gram, sampel 2 sebanyak 2,003 gram dan sampel 3 sebanyak 2,010 gram. Setelah penimbangan bahan, langkah selanjutnya adalah mempersiapkan

tabung *pyrex* dengan mencuci tabung terlebih dahulu menggunakan sabun, kemudian dilap menggunakan tisu. Langkah selanjutnya adalah memanaskan tabung *pyrex* pada mesin *furnace* dengan suhu 200°C selama 2 jam, kemudian membersihkannya dengan alkohol. Setelah bahan dan tabung *pyrex* telah siap digunakan, maka bahan dimasukkan kedalam tabung *pyrex* untuk dilakukan pemvakuman.

2. Penumbuhan kristal.

Penumbuhan kristal dilakukan dengan metode Bridgman. Langkah yang dilakukan dalam metode ini adalah dengan pemvakuman bahan menggunakan pompa vakum. Setelah tekanan sampai $5 \cdot 10^{-5}$ mbar, langkah selanjutnya adalah dengan mengelas tabung *pyrex* dengan busur api yang dihasilkan oleh reaksi antara gas asitelin dan gas oksigen. Pengelasan dilakukan untuk memotong tabung *pyrex* agar dapat dimasukkan pada mesin *furnace* dan dapat menjaga tekanan vakum pada tabung sehingga saat dilakukan pemanasan bahan tidak bereaksi dengan gas lain. Langkah selanjutnya adalah pemanasan bahan. Pemanasan bahan ini bertujuan untuk melelehkan bahan agar terbentuk bahan semikonduktor $\text{Sn}(\text{S}_{0.6}\text{Te}_{0.4})$. Alur pemanasan bahan disajikan dalam gambar 1.



Gambar 1. Alur pemanasan Sampel

3. Karakterisasi Kristal

Karakterisasi kristal dilakukan untuk mengetahui struktur kristal, parameter kisi kristal, bentuk morfologi, dan komposisi kimia kristal. Dalam karakterisasi ini, untuk mengetahui struktur dan parameter kisi dilakukan karakterisasi menggunakan mesin XRD tipe MiniFlex 600. Untuk mengetahui bentuk morfologi dan komposisi kimia dilakukan karakterisasi menggunakan SEM EDAX tipe Jeol JBM-6510LA.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

1. Hasil Penumbuhan kristal



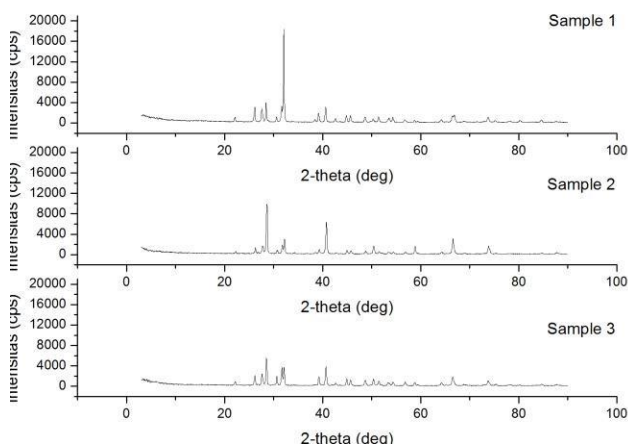
(a) (b) (c)
Gambar 2. Kristal $\text{Sn}(\text{S}_{0.6}\text{Te}_{0.4})$.

Berdasarkan gambar 2 dapat dilihat bahwa paduan bahan telah membentuk sebuah kristal berwarna keabu-abuan. Gambar (a) merupakan hasil penumbuhan kristal sampel 1, gambar (b) hasil

penumbuhan kristal sampel 2, dan gambar (c) hasil penumbuhan kristal sampel 3. Dari ketiga kristal yang dihasilkan, secara kasat mata tidak jauh berbeda. Oleh karenanya diperlukan karakterisasi pada kristal untuk mengetahui secara dalam mengenai perbedaan ketiga sampel tersebut.

1. Karakterisasi XRD

Data yang dihasilkan dari karakterisasi XRD adalah difaktogram, yaitu grafik hubungan antara sudut hamburan (2θ) dan Intensitas (I) puncak spektrum. Perbandingan difaktogram ketiga sampel yang dihasilkan dari karakterisasi dapat dilihat pada gambar 3



Gambar 3. Perbandingan difaktogram sampel 1, 2, dan 3

Dari gambar 3 dapat dilihat bahwa puncak intensitas tertinggi pada sampel 1 merupakan puncak tertinggi dibandingkan dengan puncak pada sampel 2 dan 3. Hal ini menandakan bahwa sampel 1 memiliki tingkat keteraturan atom paling baik. Oleh karena itu, sampel 1 diambil untuk dikarakterisasi SEM.

Dari hasil difaktogram maka data hasil XRD dijadikan acuan untuk perhitungan parameter kisi kristal. Dalam perhitungan parameter kisi ini, data XRD dibandingkan dengan data JCPDS SnS, hal ini dilakukan karena komposisi teoritik S lebih banyak daripada komposisi teoritik Te. Dari JCPDS SnS diketahui bahwa struktur kristal SnS adalah Ortorhombik, sehingga dalam perhitungan parameter kisi dilakukan menggunakan rumus struktur kristal Ortorhombik.

Jarak bidang sistem orthorombik diketahui dengan persamaan sebagai berikut :

$$\frac{1}{d^2} = \frac{h^2}{a^2} + \frac{k^2}{b^2} + \frac{l^2}{c^2} \quad (1)$$

Dengan menggunakan persamaan hukum Bragg, maka Persamaan (1) dapat diubah ke dalam persamaan berikut:

$$\sin^2 \theta = \frac{\lambda^2}{4} \left(\frac{h^2}{a^2} + \frac{k^2}{b^2} + \frac{l^2}{c^2} \right) \quad (2)$$

$$\sin^2 \theta = Ah^2 + Bk^2 + Cl^2 \quad (3)$$

Parameter masing-masing kisi dapat dicari dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$a^2 = \frac{\lambda^2}{4A} \quad (4)$$

$$b^2 = \frac{\lambda^2}{4B} \quad (5)$$

$$c^2 = \frac{\lambda^2}{4C} \quad (7)$$

Berdasarkan persamaan di atas, dapat dihitung parameter kisi ketiga sampel seperti disajikan pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil perhitungan parameter kisi keiga sampel.

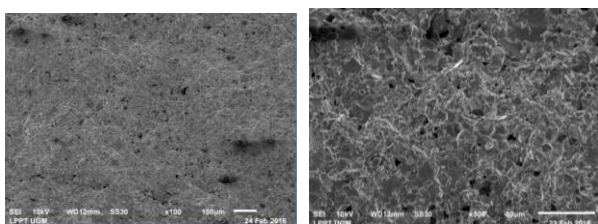
Jenis Perbandingan	Perbandingan Parameter Kisi		
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>
JCPDS SnS	4,329	11,19	3,983
Sampel 1	4,426	11,151	3,959
Sampel 2	4,273	11,134	3,934
Sampel 3	4,286	11,134	4,059

Dari tabel 1 dapat dilihat bahwa ketiga sampel memiliki struktur kristal ortorhombik dengan besar parameter kisi yang berbeda meskipun hanya selisih sangat sedikit. Hasil penelitian ini dapat dikatakan bahwa variasi massa tidak berpengaruh pada struktur kristal namun berpengaruh pada parameter kisi.

2. Karakterisasi SEM

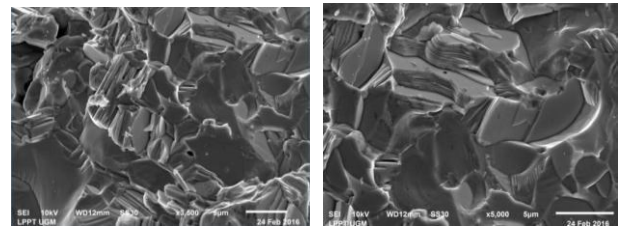
Karakterisasi SEM dilakukan untuk mengetahui bentuk morfologi dari kristal yang dihasilkan. Dari ketiga sampel, sampel 1 dipilih untuk dikarakterisasi SEM karena berdasarkan hasil karakterisasi XRD sampel 1 memiliki intensitas tertinggi yang menandakan bahwa sampel 1 memiliki tingkat keteraturan atom yang baik.

Hasil karakterisasi SEM menunjukkan bahwa kristal yang dihasilkan telah membentuk polikristal yang homogen. Hasil karakterisasi SEM disajikan pada gambar 4.



(a)

(b)



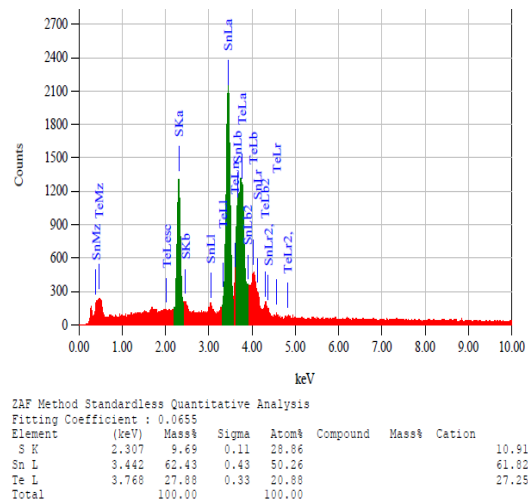
(c)

(d)

Gambar 4. Bentuk Morfologi permukaan kristal sampel 1 (a) perbesaran 100X, (b) perbesaran 500X, (c) perbesaran 3.500X, dan (d) perbesaran 5.000X

3. Karakterisasi EDAX

Karakterisasi EDAX dilakukan untuk mengetahui komposisi kimia pada kristal yang dihasilkan. Karakterisasi EDAX dilakukan pada sampel 1, hal ini dikarenakan sampel 1 yang dipilih untuk dikarakterisasi SEM. Adapun hasil karakterisasi EDAX pada sampel 1 disajikan pada gambar 5.



Gambar 5. Hasil karakterisasi EDAX

Pada gambar 5 dapat dilihat energi masing-masing unsur dan banyaknya atom dalam kristal hasil preparasi menggunakan metode Brigan yang dilakukan dalam penelitian. Perbandingan molaritas unsur pada kristal dapat disajikan pada tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan molaritas unsur hasil penelitian

Perbandingan unsur (%)			Perbandingan Unsur (mol)		
Sn	S	Te	Sn	S	Te
50,26	28,86	20,88	1	0,57	0,42

Berdasarkan tabel 2 dapat dilihat besar perbandingan molaritas unsur dari hasil penelitian yaitu 1: 0,57: 0,42. Hasil ini tidak jauh berbeda dengan molaritas teoritik yaitu 1: 0,6: 0,4. Perbedaan ini terjadi karena kebolehjadian pertikel terhambur tidak sama antara material yang lain yang bergantung pada energi ikat maupun temperatur. Selain itu kurang maksimalnya pencampuran yang terjadi pada saat proses preparasi berlangsung.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Hasil penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Variasi massa bahan memberikan hasil bahwa variasi massa tidak berpengaruh pada struktur kristal, tetapi berpengaruh pada tingkat keteraturan atom penyusun kristal dan parameter kisi kristal. Semakin sedikit massa bahan yang digunakan, maka semakin tinggi intensitas pada difraksi sinar-X. Hal ini menandakan bahwa semakin sedikit massa bahan yang digunakan kualitas kristal semakin baik.

2. Karakterisasi XRD, menunjukkan bahwa kristal yang dihasilkan membentuk struktur kristal ortorhombik. Hasil perhitungan analitik parameter kisi pada sampel 1 sebesar $a = 4,426\text{\AA}$, $b = 11,151\text{\AA}$, dan $c = 3,983\text{\AA}$. Sampel 2, sebesar $a = 4,273\text{\AA}$, $b = 11,134\text{\AA}$, dan $c = 3,934\text{\AA}$. dan sampel 3, sebesar $a = 4,286\text{\AA}$, $b = 11,134\text{\AA}$, dan $c = 4,059\text{\AA}$.
3. Bentuk morfologi kristal yang dihasilkan dari karakterisasi menggunakan SEM dapat dilihat bahwa kristal yang dihasilkan adalah berbentuk polikristal. Komposisi kimia unsur penyusun kristal yang dihasilkan dari karakterisasi EDAX memiliki perbandingan unsur atom Sn, S, dan Te hasil penelitian adalah 1 :0,57 :0,42. Hasil ini mendekati perbandingan molaritas secara teori yang memiliki perbandingan Sn, S, dan Te sebesar 1:0,6:0,4.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, peneliti dapat memberikan saran sebagai berikut.

1. Suhu dan waktu pemanasan dalam melakukan *furnace* dilakukan dengan menggunakan waktu yang lebih lama dan suhu yang lebih besar agar bahan dapat bereaksi secara menyeluruh.
2. Dalam proses pemanasan, sebaiknya menggunakan tabung *pyrex* dengan

ketebalan lebih besar dari 2 mm agar pemanasan dengan suhu lebih tinggi dapat dilakukan.

3. Akan lebih baik dilakukan penelitian dengan variasi massa menggunakan range yang lebih besar dari 2 gram.

V. DAFTAR PUSTAKA

[1] Ariswan. 2014. *Kristalografi*. Handout Kuliah, tidak diterbitkan, Yogyakarta. Universitas Negeri Yogyakarta.

[2] Reka Rio, 1982. *Fisika dan Teknologi Semikonduktor*. Jakarta: PT. Prandya Paramita.

[3] Ariswan. 2015. *Fisika Semikonduktor*. Handout Kuliah, tidak diterbitkan, Yogyakarta. Universitas Negeri Yogyakarta.

[4] Andrevv,H. 1968. *The Band Edge Structure Of The IV -VI Semiconductors*. Jour-nal de Physique Colloques. Vol 29.