

**PREPARASI DAN KARAKTERISASI PADUAN SEMIKONDUKTOR $\text{Sn}(\text{Se}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$
DENGAN METODE BRIDGMAN MELALUI VARIASI WAKTU PEMANASAN**

***PREPARATION AND CHARACTERIZATION OF SEMICONDUCTOR ALLOYS Sn
($\text{Se}_{0,6}\text{Te}_{0,4}$) USING BRIDGMAN METHOD THROUGH VARIATION OF HEATING
TIME***

Oleh :

Iin Astarinugrahini¹⁾, Dr. Ariswan²⁾

iinastari20@gmail.com¹⁾, ariswan@uny.ac.id²⁾

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi waktu pemanasan terhadap struktur kristal, morfologi permukaan dan komposisi kimia bahan semikonduktor $\text{Sn}(\text{Se}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$ yang terbentuk. Teknik yang digunakan dalam proses penumbuhan kristal pada penelitian ini adalah teknik Bridgman. Adapun dalam penumbuhan kristal digunakan bahan Sn, Se, dan Te dengan perbandingan molaritas 1 : 0,6 : 0,4. Penumbuhan kristal $\text{Sn}(\text{Se}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$ dilakukan dengan variasi waktu pemanasan. Untuk sampel I, pada temperatur 350°C adalah 480 menit (8 jam) dan pada temperatur 600°C adalah 360 menit (6 jam). Untuk sampel II, pada temperatur 350°C adalah 1380 menit (23 jam) dan pada temperatur 600°C adalah 360 menit (6 jam), sedangkan untuk sampel III, pada temperatur 350°C adalah 1500 menit (25 jam) dan pada temperatur 600°C adalah 720 menit (12 jam). Kristal yang terbentuk kemudian dikarakterisasi menggunakan XRD untuk menentukan struktur kristal dan parameter kisi, SEM untuk mengetahui morfologi permukaan kristal, dan EDS untuk mengetahui komposisi kimia pada kristal. Hasil karakterisasi XRD berupa difraktogram menunjukkan bahwa bahan $\text{Sn}(\text{Se}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$ yang terbentuk merupakan polikristal dengan struktur *orthorombic*, dengan parameter kisi untuk sampel I adalah $a = 11,17 \text{ \AA}$, $b = 4,306 \text{ \AA}$, dan $c = 4,444 \text{ \AA}$, untuk sampel II adalah $a = 11,648 \text{ \AA}$, $b = 4,285 \text{ \AA}$, dan $c = 4,423 \text{ \AA}$, dan untuk sampel III adalah $a = 11,49 \text{ \AA}$, $b = 4,010 \text{ \AA}$, dan $c = 4,50 \text{ \AA}$. Hasil karakterisasi SEM memperlihatkan bahwa kristal pada bahan $\text{Sn}(\text{Se}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$ yang terbentuk memiliki keseragaman bentuk serta sudah terbentuk butiran (*grain*) dan hasil EDS pada sampel I diperoleh perbandingan unsur Sn:Se:Te yaitu 1:0,82:0,17, sedangkan pada sampel III diperoleh perbandingan unsur Sn:Se:Te yaitu 1:0,14:0,6.

Kata kunci: struktur kristal, Semikonduktor, teknik Bridgman, waktu pemanasan.

Abstract

This study aimed to determine the effect of heating time variation on crystal structure, surface morphology and chemical composition of Sn(Se_{0.6}Te_{0.4}) formed. The technique used in the crystal growing process was the Bridgman technique. As for crystal growth, Sn, Se, and Te are used with molarity ratio of 1: 0.6: 0.4. The growth of crystalline Sn(Se_{0.6}Te_{0.4}) was done by varying the heating time. For sample I, at a temperature of 350°C was 480 minutes (8 hours) and at a temperature of 600°C was 360 minutes (6 hours). For sample II, at temperature 350°C was 1380 minutes (23 hours) and at temperature 600°C was 360 minutes (6 hours), while for sample III, at temperature 350°C was 1500 minutes (25 hours) and at temperature 600°C was 720 minutes (12 hour). The formed crystals were then characterised using XRD to determine the crystal structure and lattice parameters, SEM to determine the morphology of the crystal surface, and EDS to determine the chemical composition of the crystals. The result of XRD characterization in the form of a diffractogram showed that the Sn(Se_{0.6}Te_{0.4}) material formed was a polycrystalline with orthorombic structure, with lattice parameters for sample I were $a = 11.17 \text{ \AA}$, $b = 4.306 \text{ \AA}$, and $c = 4.444 \text{ \AA}$, for sample II were $a = 11.648 \text{ \AA}$, $b = 4,285 \text{ \AA}$, and $c = 4,423 \text{ \AA}$, and for sample III were $a = 11.49 \text{ \AA}$, $b = 4.010 \text{ \AA}$, and $c = 4.50 \text{ \AA}$. From the result of SEM characterization it can be seen that the surface morphology from sample I and sample III indicates that crystal has been formed. While EDAX characterization results showed that both samples contained Sn, Se, and Te with molar ratio Sn: Se: Te for the first sample was 1: 0.82: 0.17 and for the third sample was 1: 0.14: 0.6

Keywords: crystal structure, Semiconductor, Bridgman technique, heating time.

PENDAHULUAN

Energi adalah salah satu kebutuhan penting bagi kehidupan manusia. Dengan meningkatnya kebutuhan energi, maka semakin diperlukan energi alternatif. Adapun solusi sebagai upaya untuk menghasilkan energi alternatif, diantaranya energi terbarukan. Banyak peneliti sudah melakukan penelitian yang berkaitan dengan energi alternatif sebagai cadangan energi. Kemajuan ini didukung oleh penemuan dan pengembangan material semikonduktor yang merupakan devais elektronik, optoelektronik, dan piranti sel surya. Menurut Rio (1982:151) kemajuan yang sangat cepat terjadi setelah ditemukan beberapa komponen semikonduktor yang memberikan sifat fisis yang unik.

Salah satu bahan semikonduktor yang dikembangkan dalam penelitian ini adalah *Tin Selenium* (SnSe) dan *Tin Telluride* (SnTe). Paduan SnSe banyak digunakan misalnya pada pembuatan sel surya. SnSe dan SnTe memiliki kesamaan, yaitu merupakan semikonduktor tipe-*p* yang dibuat dari perpaduan antara golongan IVA (Sn) dan golongan VIA (Se dan Te). Menurut Sheng Liu (2011), paduan semikonduktor SnSe memiliki *band gap* tidak langsung 0,9 eV dan *band gap* langsung 1,3 eV, sehingga cocok sebagai penyerap cahaya untuk aplikasi sel surya. Sedangkan menurut O.E Ogah, *energy gap*

untuk SnTe adalah 0,18 eV. Material paduan SnTe ini menerima banyak perhatian karena memiliki sifat fisis yang menarik. Bahan ini dapat digunakan sebagai detektor inframerah (3-14 μm), detektor foto, dan perangkat termoelektrik, serta baru-baru ini SnTe ditempatkan sebagai bahan yang paling menjanjikan untuk aplikasi fotovoltaiik (Saini, 2010).

Dari uraian di atas, maka perlu dilakukan penelitian untuk preparasi dan karakterisasi bahan semikonduktor kristal Sn(SeTe) (*Tin Selenium Telluride*) yang merupakan perpaduan tiga unsur, yaitu Sn dari golongan IVA, dengan Se dan Te dari golongan VIA. Penelitian tentang Sn($\text{Se}_{1-x}\text{Te}_x$) belum pernah dilakukan sebelumnya, maka dilakukan penumbuhan kristal Sn($\text{Se}_{1-x}\text{Te}_x$). Pada penelitian ini perbandingan molaritas bahan Sn : Se: Te yang digunakan adalah 1 : 0,6 : 0,4. Karakterisasi bahan diarahkan untuk mengetahui kualitas kristal dan pengaruh doping unsur Te (*Tin Telluride*) pada kristal semikonduktor SnSe (*Tin Selenium*). Pengaruh tersebut yang akan berdampak pada parameter penting yang akan dihasilkan, adapun parameter tersebut adalah struktur kristal. Dalam kemungkinan aplikasinya sebagai fotovoltaiik, efisiensi konversi energi surya ditentukan oleh *energy gap* bahan, sedangkan *energy gap* bahan semikonduktor pada umumnya

ditentukan oleh parameter kisi kristal bahannya (Goetzberger, 2000: 1).

Salah satu metode penumbuhan kristal adalah metode Bridgman. Metode Bridgman sering digunakan di laboratorium untuk penumbuhan kristal, karena prosesnya yang sederhana dan biayanya relatif murah. Pada penelitian ini dilakukan penumbuhan kristal $\text{Sn}(\text{Se}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$ menggunakan metode Bridgman. Parameter yang divariasi adalah waktu pemanasan kristal. Setelah kristal terbentuk, dilakukan karakterisasi untuk mengetahui struktur kristal menggunakan XRD (*X-Ray Diffraction*), morfologi permukaan menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscopy*), dan komposisi kimia menggunakan EDS (*Energy Dispersive Spectroscopy*). Dari hasil karakterisasi dapat diketahui pengaruh variasi waktu pemanasan terhadap kristal yang terbentuk.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Oktober 2016 sampai dengan bulan Februari 2017 di Laboratorium Fisika Material UNY, Laboratorium Kimia Organik FMIPA UNY, dan Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu (LPPT) Unit I Universitas Gadjah Mada.

Langkah Penelitian

Penelitian ini meliputi 2 tahap, yaitu tahap preparasi dan tahap karakterisasi. Tahap preparasi merupakan tahap penumbuhan kristal $\text{Sn}(\text{Se}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$ menggunakan metode Bridgman yang bekerja pada tekanan (5×10^{-5}) mbar kemudian dilakukan pengelasan pada tabung pyrex yang sudah berisi bahan $\text{Sn}(\text{Se},\text{Te})$ dengan membentuk kapsul, dengan menggunakan perbandingan molar masing-masing unsur Sn : Se: Te adalah 1: 0,6: 0,4. Parameter yang di variasi adalah lama waktu pemanasan, yaitu pada temperatur 350°C : sampel I (8 jam), sampel II (23 jam), dan sampel III (25 jam), sedangkan pada temperatur 600°C : sampel I (6 jam), sampel II (6 jam), dan sampel III (12 jam). Bahan yang sudah dimasukkan dalam kapsul kemudian dipanaskan dengan menggunakan *furnace*. Tahap karakterisasi dilakukan untuk mengetahui struktur kristal dengan XRD, morfologi permukaan dengan SEM, dan komposisi kimia dengan EDS.

Teknik Analisa Data

Hasil XRD berupa difraktogram. Kemudian dilakukan pencocokan data penelitian dengan data standar JCPDS (*Joint Committe on Powder Diffraction Standard*) sehingga diperoleh struktur kristal. Parameter kisi kristal ditentukan dengan metode analitik. Hasil SEM berupa

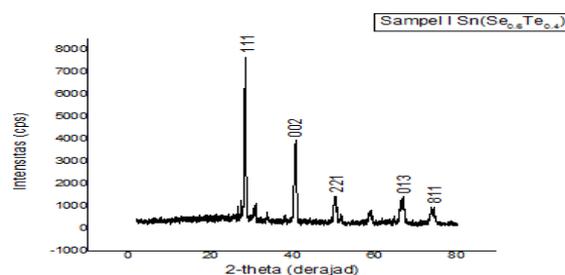
foto yang memuat informasi tentang terbentuknya butiran (*grain*) dan homogenitas permukaan. Hasil EDS berupa spektrum intensitas terhadap energi yang memuat informasi komposisi kimia sampel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

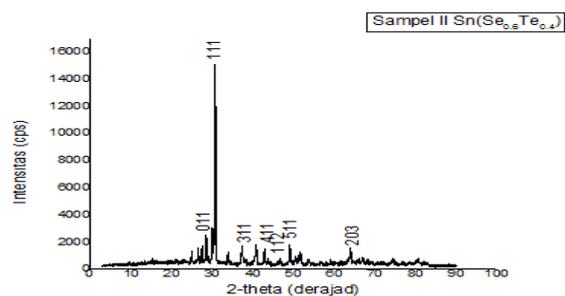
Hasil Karakterisasi Kristal Sn(Se_{0,6}Te_{0,4})

Dalam penelitian ini telah dihasilkan tiga kristal Sn(Se_{0,6}Te_{0,4}) dengan melakukan pemanasan bahan Sn, Se, dan Te. Masing-masing bahan dengan perbandingan mol 1: 0,6: 0,4.

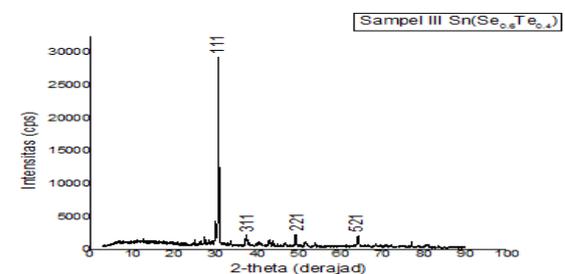
Data yang dihasilkan dari karakterisasi XRD berupa *difraktogram*, yaitu yang ditunjukkan oleh Gambar 1, 2, dan 3 yang menyatakan grafik hubungan antara intensitas (*I*) puncak spektrum (kristal) dan sudut hamburan (2θ). *Difraktogram* menunjukkan puncak-puncak spektrum yang muncul pada sampel. Dari hasil analisis ini dapat diketahui jarak antar bidang (*hkl*). Difraktogram XRD hasil eksperimen dicocokkan dengan difraktogram data standar. Data standar diperoleh dari *database* JCPDS. Setelah dilakukan pencocokan, diperoleh data yang paling cocok dengan sampel. Data menunjukkan bahwa sampel Sn(Se_{0,6}Te_{0,4}) berada pada grup ruang (*space grup*) FM3M dan mempunyai struktur orthorombik.



Gambar 1. Difraktogram Kristal Sampel I (350⁰C: 8 jam ; 600⁰C: 6 jam)



Gambar 2. Difraktogram Kristal Sampel II (350⁰C: 23 jam ; 600⁰C: 6 jam)



Gambar 3. Difraktogram Kristal Sampel II (350⁰C: 25 jam ; 600⁰C: 12 jam)

Analisis Parameter Kisi

Penentuan parameter kisi Sn(Se_{0,6}Te_{0,4}) dilakukan dengan metode analitik. Dari ketiga gambar *difraktogram* sampel yang dihasilkan dari karakterisasi XRD pada Gambar 1, 2 dan 3 maka dapat dilihat bahwa sampel 3 memiliki intensitas relatif lebih tinggi dibandingkan dengan

sampel 1 dan 2. Perbandingan antara hasil XRD dengan JCPDS disajikan dalam Tabel 1, 2 dan 3.

Tabel 1. Perbandingan Hasil XRD Sn(Se_{0,6}Te_{0,4}) Sampel I Dengan JCPDS

No	Sn(Se _{0,6} Te _{0,4}) sampel I	I _{relatif}	SnSe JCPDS	I _{relatif}	hkl
	2θ	%	2θ	%	
1	30.957	7	30.309	100	111
2	40.602	100	40.47	9	002
3	50.34	30	50.725	4	221
4	66.70	27	66.783	4	013
5	73.92	15	73.189	1	811

Tabel 2. Perbandingan Hasil XRD Sn(Se_{0,6}Te_{0,4}) Sampel II Dengan JCPDS

No	Sn(Se _{0,6} Te _{0,4}) sampel II	I _{relatif}	SnSe JCPDS	I _{relatif}	hkl
	2θ	%	2θ	%	
1	30.742	100	30.309	100	111
2	37.28	7	37.768	33	311
3	40.800	8	40.470	9	002
4	43.379	2	43.379	13	411
5	49.03	6	49.86	22	511
6	50.60	2	50.725	4	221
7	63.694	8	63.800	2	521
8	66.93	1	66.381	1	620

Tabel 3. Perbandingan hasil XRD Sn(Se_{0,6}Te_{0,4}) sampel III dengan JCPDS

No	Sn(Se _{0,6} Te _{0,4}) sampel III	I _{relatif}	SnSe JCPDS	I _{relatif}	hkl
	2θ	%	2θ	%	
1	29.986	10	29.243	17	011
2	30.694	100	30.309	100	111
3	37.32	5	37.768	33	311
4	43.82	1	43.379	13	411
5	46.53	1	46.83	112	112
6	49.16	5	49.86	22	511
7	64.12	5	64.799	4	203

Penentuan parameter kisi dengan metode analitik menggunakan persamaan Bragg, sebagai berikut:

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

Persamaan hukum Bragg:

$$2d \sin \theta = n\lambda \tag{2}$$

Untuk n = 1, persamaan (2) dinyatakan dalam bentuk:

$$\sin^2 \theta = \frac{\lambda^2}{4d^2} \tag{3}$$

Mensubstitusikan persamaan (1) ke persamaan (3) menghasilkan:

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

Jika dimisalkan : $A = \frac{\lambda^2}{4a^2}$; $B = \frac{\lambda^2}{4b^2}$; $C = \frac{\lambda^2}{4c^2}$,

maka persamaan di atas dapat ditulis:

$$\sin^2 \theta = Ah^2 + Bk^2 + Cl^2$$

Maka parameter kisi a, b, dan c dapat ditulis :

$$a = \sqrt{\frac{\lambda^2}{4A}} ; b = \sqrt{\frac{\lambda^2}{4B}} ; c = \sqrt{\frac{\lambda^2}{4C}}$$

Perhitungan dengan menggunakan metode analitik memberikan nilai parameter kisi untuk masing-masing sampel, kemudian nilai parameter kisi hasil dari metode analitik dibandingkan dengan data standar JCPDS.

Tabel 4. Perbandingan Parameter Kisi Kristal $\text{Sn}(\text{Se}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$ pada Sampel I Hasil Preparasi Melalui Variasi Waktu Pemanasan.

Parameter kisi	Variasi waktu pemanasan sampel I	JCPDS (SnSe)
<i>a</i>	11.17 Å	11.42 Å
<i>b</i>	4.306 Å	4.19 Å
<i>c</i>	4.444 Å	4.46 Å
Struktur	<i>Orthorhombic</i>	<i>Orthorhombic</i>

Tabel 5. Perbandingan Parameter Kisi Kristal $\text{Sn}(\text{Se}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$ pada Sampel II Hasil Preparasi Melalui Variasi Waktu Pemanasan.

Parameter kisi	Variasi waktu pemanasan sampel II	JCPDS (SnSe)
<i>a</i>	11.648Å	11.42 Å
<i>b</i>	4.285Å	4.19 Å
<i>c</i>	4.423Å	4.46 Å
Struktur	<i>Orthorhombic</i>	<i>Orthorhombic</i>

Tabel 6. Perbandingan Parameter Kisi Kristal $\text{Sn}(\text{Se}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$ pada Sampel III Hasil Preparasi Melalui Variasi Waktu Pemanasan.

Parameter kisi	Variasi waktu pemanasan Sampel III	JCPDS (SnSe)
<i>a</i>	11.49Å	11.42 Å
<i>b</i>	4.010Å	4.19 Å
<i>c</i>	4.50Å	4.46 Å
Struktur	<i>Orthorhombic</i>	<i>Orthorhombic</i>

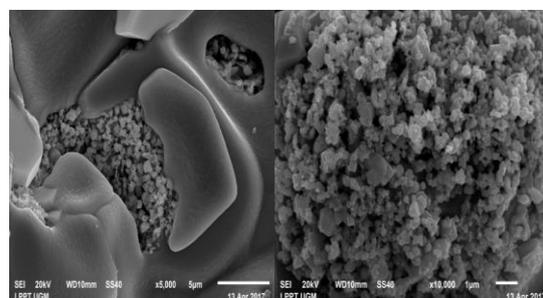
Berdasarkan data pada Tabel 4, 5, dan 6, variasi lama waktu pemanasan tidak mempengaruhi struktur kristal, namun relatif mempengaruhi parameter kisi. Berdasarkan identifikasi puncak tertinggi pada difraktogram hasil XRD kristal $\text{Sn}(\text{Se}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$, lama waktu pemanasan menyebabkan perbedaan kualitas sampel yang ditunjukkan oleh intensitas relatif pada difraktogram sampel I dengan lama

waktu pemanasan pada temperatur 350 °C (8 jam) ; 600°C (6 jam) lebih tinggi dibandingkan dengan sampel II dengan lama waktu pemanasan pada temperatur 350 °C (23 jam) ; 600°C (6 jam) dan sampel III dengan lama waktu pemanasan pada temperatur 350 °C (25 jam) ; 600°C (12 jam).

Morfologi Permukaan Hasil SEM

Karakterisasi SEM menghasilkan foto yang menunjukkan morfologi permukaan kristal yang terbentuk.

Hasil karakterisasi permukaan masif $\text{Sn}(\text{Se}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$ sampel I dengan perbesaran 5000x, dan 10.000x ditunjukkan oleh Gambar 4.

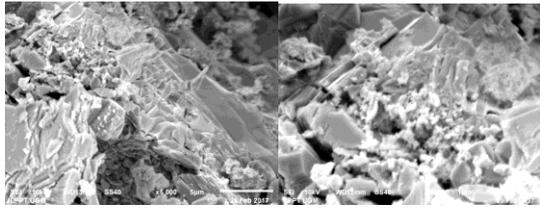


(a)

(b)

Gambar 4. Foto morfologi permukaan sampel I bahan $\text{Sn}(\text{Se}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$ hasil SEM dengan (a) perbesaran 5000x, (b) perbesaran 10.000x.

Hasil karakterisasi permukaan masif $\text{Sn}(\text{Se}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$ sampel III dengan perbesaran 5000x, dan 10.000x ditunjukkan oleh Gambar 5.



(c) (d)

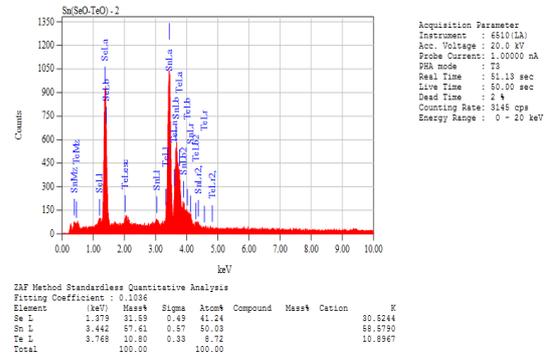
Gambar 5. Foto morfologi permukaan sampel III bahan $\text{Sn}(\text{Se}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$ hasil SEM dengan (a) perbesaran 5000x, (b) perbesaran 10.000x.

Morfologi permukaan dari masif $\text{Sn}(\text{Se}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$ sampel I dapat dilihat pada Gambar 4 dan morfologi permukaan dari masif $\text{Sn}(\text{Se}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$ sampel III dapat dilihat pada Gambar 5. Gambar-gambar tersebut menunjukkan bahwa kristal $\text{Sn}(\text{Se}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$ sudah terbentuk, hal tersebut ditandai dengan homogenitas warna dari morfologi permukaan sampel. Dari hasil SEM tersebut tampak juga bahwa dalam kristal $\text{Sn}(\text{Se}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$ yang terbentuk terdapat butir-butir kristal (*grain*).

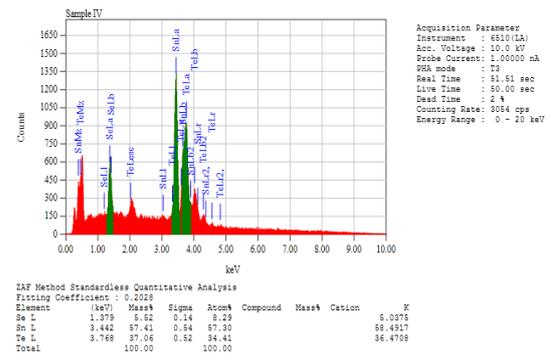
Komposisi Kimia Hasil EDS

Hasil pengujian EDS menampilkan analisis kualitatif dan kuantitatif. Analisis kualitatif digunakan untuk menentukan jenis unsur yang ada pada sampel. Pada analisis ini akan muncul puncak-puncak energi pada kurva yang telah dianalisis. Sedangkan analisis kuantitatif digunakan untuk mengetahui komposisi unsur-unsur penyusun material yang telah dianalisis. Dari analisis kuantitatif ini ditampilkan

unsur-unsur yang teridentifikasi lengkap dengan persentase massa dan persentase atomik. Hasil dari karakterisasi EDS dapat dilihat pada Gambar 6 dan 7.



Gambar 6. Karakterisasi EDS kristal $\text{Sn}(\text{Se}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$ sampel I (temperatur 350°C ; 8 jam; 600°C : 6 jam).



Gambar 7. Karakterisasi EDS kristal $\text{Sn}(\text{Se}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$ sampel III (temperatur 350°C : 25 jam; 600°C : 12 jam).

Berdasarkan hasil karakterisasi EDS diketahui bahwa kristal $\text{Sn}(\text{Se}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$ sampel I mengandung unsur penyusunnya yaitu *Stannum* (Sn), *Sulfur* (S), dan *Tellurium* (Te), dengan memperoleh persentase komposisi kimia bahan dari masing-masing unsur yaitu, Sn = 50,03 %, Se = 41,24 %, dan Te = 8,72%.

Perbandingan komposisi unsur kristal semikonduktor $\text{Sn}(\text{Se}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$ dengan hasil karakterisasi EDS terhadap teori, dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Perbandingan molaritas unsur Sn, Se, dan Te pada kristal semikonduktor $\text{Sn}(\text{Se}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$ hasil karakterisasi EDS untuk sampel I.

Pencocokan Data	Karakterisasi Mol Unsur		
	Sn	Se	Te
Konsentrasi unsur hasil penelitian EDS (%)	50,03	41,24	8,72
Perbandingan mol unsur secara penelitian	1	0,82	0,17
Perbandingan mol unsur secara teori	1	0,6	0,4

Berdasarkan Tabel 7, hasil karakterisasi EDS dengan teori maka terdapat ketidaksesuaian perbandingan mol. Hal ini menunjukkan bahwa bahan sangat *non stoichiometry*, yaitu hilangnya suatu atom dalam keadaan kisi padat.

Sedangkan hasil karakterisasi EDS untuk sampel III menunjukkan bahwa pada kristal $\text{Sn}(\text{Se}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$ terdapat unsur Sn = 57,30 %, Se = 8,29, Te = 34,41% dengan perbandingan mol Sn : Se : Te adalah 1 : 0,14 : 0,6. Perbandingan komposisi unsur kristal semikonduktor $\text{Sn}(\text{Se}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$ dengan hasil karakterisasi EDS terhadap teori, dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Perbandingan molaritas unsur Sn, Se, dan Te pada kristal semikonduktor $\text{Sn}(\text{Se}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$ hasil karakterisasi EDS untuk sampel III.

Pencocokan Data	Karakterisasi Mol Unsur		
	Sn	Se	Te
Konsentrasi unsur hasil penelitian EDS (%)	57,30	8,29	34,41
Perbandingan mol unsur secara penelitian	1	0,14	0,6
Perbandingan mol unsur secara teori	1	0,6	0,4

Ketidakesuaian perbandingan mol unsur Sn, Se, Te antara teori dengan penelitian dapat disebabkan karena beberapa faktor, diantaranya untuk sampel III memiliki variasi waktu pemanasan yang sangat lama dan temperatur yang sangat tinggi dibandingkan dengan sampel lainnya menyebabkan sedikit hilangnya unsur Se pada sampel tersebut. Hal tersebut memperlihatkan bahwa pemanasan yang sangat lama mempengaruhi sampel yang akan dikarakterisasi.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa karakterisasi XRD menunjukkan kristal $\text{Sn}(\text{Se}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$ hasil preparasi dengan metode Bridgman mempunyai struktur orthorombik dengan parameter kisi sampel I adalah $a = 11,17 \text{ \AA}$, $b = 4,306 \text{ \AA}$, dan $c = 4,444 \text{ \AA}$. Untuk sampel II parameter kisinya adalah $a = 11,64 \text{ \AA}$, $b = 4,285 \text{ \AA}$, dan $c =$

4,423 Å. Sedangkan untuk sampel III parameter kisi yang diperoleh adalah $a = 11,49 \text{ Å}$, $b = 4,00 \text{ Å}$, dan $c = 4,5 \text{ Å}$. Hasil karakterisasi SEM untuk mengetahui morfologi permukaan, didapatkan bahwa kristal $\text{Sn}(\text{Se}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$ sudah terbentuk, kristal yang terbentuk merupakan polikristal, ditunjukkan dengan morfologi permukaan kristal $\text{Sn}(\text{Se}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$ pada sampel I dan III yang tersusun atas butiran-butiran yang menunjukkan keseragaman bentuk, struktur, dan warna butiran. Berdasarkan hasil karakterisasi EDS didapatkan komposisi kimia dalam kristal $\text{Sn}(\text{Se}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$ hasil preparasi variasi waktu pemanasan sampel I terdapat unsur Sn = 50,03%, Se = 41,24 %, dan Te = 8,72 %. Sedangkan untuk sampel III terdapat unsur Sn = 57,30 %, Se = 8,29%, dan Te = 34,41 %.

Saran

Untuk mendapatkan komposisi kimia yang sesuai dengan perbandingan molnya, pemvakuman harus dikontrol dengan teliti, sehingga terhindar dari adanya pencampuran dengan unsur-unsur lain. Sebaiknya dilakukan penelitian lebih lanjut tentang bahan $\text{Sn}(\text{Se}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$

terutama pada variasi lama waktu pemanasan, dikarenakan pada penelitian ini hasil dari EDS masih kurang begitu baik, seperti dilakukan penelitian lanjutan mengenai sifat kelistrikan dan konduktivitas, agar diperoleh informasi yang lebih banyak tentang bahan semikonduktor kristal $\text{Sn}(\text{Se}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$.

DAFTAR PUSTAKA

- Goetznerger, A & Hebling, C. (2000). *Solar Energy Material and Solar Cells.62 p.1*. Netherlands: Elsevier Relx Publishing.
- Rio, Reka. 1982. *Fisika dan Teknologi Semikonduktor*. Jakarta: PT. Prandya Paramita.
- Saini, R., Pallavi, Singh, M., Kumar, R., Jain, G., et.al. (2010). *Structural and Electrical Characterization of Sinters SnTe Films: Chalcogenide Letters Publishing*.
- O.E Ogah,G. Zoppi,I. Forbes, R.W. Milles.2008, *Properties of Thin Films of Tin Sulphide Produced Using The Termal Evaporation Method*. 3rd European Photovoltaic Solar Energy Conference, September 2008.

