

STRUKTUR, KOMPOSISI KIMIA, DAN MORFOLOGI PERMUKAAN BAHAN SEMIKONDUKTOR PADUAN $\text{Sn}(\text{Se}_{0,4}\text{Te}_{0,6})$ DENGAN VARIASI LAMA PEMANASAN HASIL PREPARASI DENGAN TEKNIK BRIDGMAN

STRUCTURE, COMPOSITION OF CHEMICAL, AND MORPHOLOGY SURFACE SEMICONDUCTOR MATERIALS $\text{Sn}(\text{Se}_{0,4}\text{Te}_{0,6})$ WITH LONG VARIATION OF PREPARATION RESULTS WITH BRIDGMAN TECHNIQUES

Oleh :

Desi Indah Anjarkusuma, Dr. Ariswan
alifahghassani@gmail.com, ariswan@uny.ac.id

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui struktur, komposisi kimia, dan morfologi permukaan dari bahan semikonduktor $\text{Sn}(\text{Se}_{0,4}\text{Te}_{0,6})$. Variasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah lama waktu pemanasannya. Proses penumbuhan kristal dilakukan dengan teknik Bridgman yaitu dengan memanaskan bahan Sn, Se, dan Te yang memiliki perbandingan molaritasnya sebesar 1 : 0,4 : 0,6. Pemanasan bahan semikonduktor $\text{Sn}(\text{Se}_{0,4}\text{Te}_{0,6})$ dilakukan dengan lama waktu pemanasan untuk sampel 1 selama 15 jam, untuk sampel 2 selama 17 jam, untuk sampel 3 selama 21 jam, dan untuk sampel 4 selama 23 jam. Pemanasan kristal dilakukan dengan dua suhu yaitu 300°C dan 600°C . Kristal hasil preparasi kemudian dikarakterisasi menggunakan *X-Ray Diffraction*, *Scanning Electron Microscopy* dan *Energy Dispersive Analysis of X-Ray*. Hasil karakterisasi XRD menunjukkan bahwa kristal bahan semikonduktor $\text{Sn}(\text{Se}_{0,4}\text{Te}_{0,6})$ yang terbentuk memiliki struktur kubik, dengan parameter kisi untuk alur pemanasan sampel 1 adalah $a = 6,3104 \text{ \AA}$, alur pemanasan sampel 2 diperoleh parameter kisi $a = 6,2892 \text{ \AA}$, alur pemanasan sampel 3 diperoleh parameter kisi $a = 6,2684 \text{ \AA}$, dan alur pemanasan untuk sampel 4 diperoleh parameter kisi $a = 6,2684 \text{ \AA}$. Berdasarkan hasil XRD, sampel 1 menunjukkan intensitas yang paling tinggi dapat dilihat dari hasil difraktogram dan nilai parameter kisi yang lebih dekat dengan JCPDS SnTe. Hasil EDAX sampel 1 diperoleh perbandingan mol Sn, Se, dan Te adalah 1 : 0,4 : 0,6.

Kata kunci: Struktur Kristal, Morfologi dan Komposisi Kimia, Metode Bridgman, Karakterisasi (XRD, SEM, EDAX), dan Kristal $\text{Sn}(\text{Se}_{0,4}\text{Te}_{0,6})$.

Abstract

The purpose of this research is to know the structure, chemical composition, and surface morphology of semiconductor $\text{Sn}(\text{Se}_{0,4}\text{Te}_{0,6})$. The variation used in this research is the duration of heating time. The process of crystal growth is done by Bridgman technique by heating the material Sn, Se, and Te which has a molarity ratio of 1 : 0.4 : 0.6. The heating of the semiconducting material $\text{Sn}(\text{Se}_{0,4}\text{Te}_{0,6})$ was carried out with the heating time for sample 1 for 15 hours, for sample 2 for 17 hours, for sample 3 for 21 hours, and for sample 4 for 23 hours. The crystal heating is carried out with two temperatures of 300°C and 600°C . The resultant crystals were then characterized using *X-Ray Diffraction*, *Scanning Electron Microscopy* and *Energy Dispersive Analysis of X-Ray*. The result of XRD characterization shows that the crystalline of the semiconductor material $\text{Sn}(\text{Se}_{0,4}\text{Te}_{0,6})$ formed has a cubic structure, with the lattice parameter for the sample heating flow 1 is $a = 6,3104 \text{ \AA}$, the sample heating grid 2 obtained lattice parameter $a = 6,2892 \text{ \AA}$, sample 3 heating flow obtained lattice parameter $a = 6,2684 \text{ \AA}$, and heating flow for sample 4 obtained lattice parameter $a = 6,2684 \text{ \AA}$. Based on XRD results, sample 1 shows the highest intensity can be seen from the result of diffractogram and lattice parameter values closer to JCPDS SnTe. Results of EDAX sample 1 obtained the mole ratio Sn, Se, and Te are 1 : 0.4 : 0.6.

Keywords: Crystal Structure, Morphology and Chemical Composition, Bridgman Method, Characterization (XRD, SEM, EDAX), and Crystal $\text{Sn}(\text{Se}_{0,4}\text{Te}_{0,6})$.

PENDAHULUAN

Industri elektronik merupakan industri yang paling pesat kemajuannya. Perkembangan teknologi pembuatan alat-alat elektronik juga semakin meningkat. Salah satu teknologi yang berkembang secara pesat yaitu optoelektronika. Semua alat elektronik membutuhkan semikonduktor sebagai komponen dasar. Penerapan Optoelektronika dapat ditemukan sehari-hari untuk berbagai *remote control*, piranti penampil LED dan LCD, *optocoupler*, hingga sistem transmisi serat optik. Bahan dasar pembuatan peralatan elektronik maupun optoelektronik adalah silikon dan germanium, karena kedua bahan tersebut mudah didapatkan dan harga relatif murah. Temuan beberapa komponen semikonduktor memecahkan persoalan elektronika, sehingga berkembang piranti elektronika. Dalam perkembangan teknologi yang berbasis elektronika, dibutuhkan material dasar berkualitas tinggi sesuai tujuan aplikasi. Bahan semikonduktor yang pertama kali dieksplorasi adalah germanium, namun saat ini yang banyak diteliti untuk bahan pembuatan piranti optoelektronika adalah silikon dikarenakan bahannya yang cukup melimpah di alam. Silikon dan germanium merupakan bahan yang berasal dari golongan IV. Jenis bahan semikonduktor paduan dari golongan IV-VI berguna untuk mengembangkan teknologi optoelektronika karena dapat membentuk kristal yang berkualitas tinggi. Ciri khas dan keunikan yang ada misalnya pada sifat kelistrikannya dan sifat optiknya

dapat disesuaikan dengan karakteristik fisiknya masing-masing. Seiring dengan perkembangan ilmu pengetahuan, teknologi, dan peningkatan kebutuhan hidup, berbagai alat elektronika juga terus dikembangkan. Mengingat manfaat dalam dunia teknologi, material ini menarik banyak perhatian, salah satu yang sangat bermanfaat adalah SnTe (*Stannum Tellurium*), bahan ini memiliki sensitivitas yang tinggi dan respon yang cepat, sehingga dikenal sebagai bahan untuk detektor inframerah. Aplikasi SnTe ditemukan dalam deteksi inframerah, photodetektor, laser infrared, mikroelektronik, dan perangkat termoelektrik (Saini, 2010:1). Guna mengembangkan teknologi optoelektronika, maka dilakukan penelitian dengan jenis material semikonduktor seperti *Stannum Tellurium* (Sn Te) dan *Stannum Selenium* (Sn Se). Bahan semikonduktor Sn, Se, dan Te merupakan bahan semikonduktor tipe-p yang dibuat dari perpaduan antara golongan IVA (Sn) dan golongan VIA (Se dan Te). Bahan semikonduktor (Sn Se) memiliki band gap sekitar 1,2 eV, sedangkan bahan semikonduktor (Sn Te) memiliki band gap sekitar 0,18 eV, sehingga kemungkinan bahan semikonduktor yang dikembangkan yaitu $\text{Sn}(\text{Se}_{0,4}\text{Te}_{0,6})$ yang merupakan material termoelektrik memiliki energi gap antara 0,18 eV-1,2 eV. Struktur kristal yang dihasilkan adalah kubik dengan nilai parameter kisi mendekati JCPDS (*Joint Commite on Powder Diffraction Standard*) SnTe karena konsentrasi unsur *Tellurium* (Te) lebih banyak

dibandingkan dengan konsentrasi unsur Se. (Askerov, 1994:12)

Jenis bahan-bahan semikonduktor dari paduan golongan IV-VI sangat berguna dalam mengembangkan teknologi optoelektronika. Semikonduktor elemental terdiri atas unsur-unsur pada sistem periodik golongan IV A seperti silikon (Si), Germanium (Ge) dan Karbon (C). Karbon semikonduktor ditemukan dalam bentuk kristal intan. Semikonduktor intan memiliki konduktivitas panas yang tinggi sehingga dapat digunakan dengan efektif untuk mengurangi efek panas pada pembuatan semikonduktor laser, sedangkan pada semikonduktor gabungan (kompon) terdiri atas senyawa yang dibentuk dari logam unsur periodik golongan IIB dan IIIA (valensi 2 dan 3) dengan non logam pada golongan VA dan VIA (valensi 5 dan 6) sehingga membentuk ikatan yang stabil (valensi 8). Semikonduktor gabungan III dan V misalnya GaAs dan InP, sedangkan gabungan II dan VI misalnya CdTe dan ZnS.

Komponen semikonduktor (zat padat) memberikan banyak sifat-sifat listrik yang unik, yang hampir dapat memecahkan semua persoalan elektronika sehingga dikembangkan piranti elektronika yang dibuat dari bahan semikonduktor yang memiliki efisiensi tinggi (Reka Rio, 1982: 51).

Para peneliti mencoba untuk menggabungkan beberapa unsur dalam pembuatan bahan semikonduktor. Telah dihasilkan berbagai macam bahan paduan semikonduktor seperti, GaAs, Cu(Ga

In)Se, CuInSe, CdS, CdSe, maupun Cd(Se S) dan dapat memvariasi molaritas dari masing-masing unsur tersebut (Lilik Susanti, 2013). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Moh. Anshori (2012) diketahui bahwa SnTe memiliki energy gap sebesar 0,18 eV. Oleh karena itu, hal ini semakin menunjukkan bahwa paduan SnTe cocok digunakan sebagai bahan semikonduktor untuk bahan optoelektronika.

Pada penelitian ini akan dilakukan penumbuhan kristal bahan Sn(Se Te) dengan menitikberatkan pada alur pemanasan yang difokuskan pada pengaruh lama waktu pemanasan. Karena energi gap ini termasuk kecil, maka dilakukan peningkatan energi dengan melakukan *doping* Selenium (Se) pada kristal SnTe. Kristal Sn(Se_{0,4}Te_{0,6}) dapat dikembangkan menjadi lapisan tipis yang digunakan sebagai material dasar dalam pembuatan piranti elektronika dan optoelektronika yang sesuai dengan tujuan aplikasinya. Dalam bidang elektronika, lapisan tipis digunakan untuk membuat kapasitor dan sensor. Hampir semua bidang industri baik dalam pembuatan piranti elektronik seperti kapasitor, transistor, fotodetektor, sel surya, rangkaian hidrid, dan teknologi mikroelektronika menggunakan lapisan tipis. (Saini, 2010:1)

Metode penumbuhan kristal terdiri dari penumbuhan dengan pelelehan, penumbuhan dari larutan, dan penumbuhan dari fase uap. Penumbuhan kristal yang dilakukan dalam penelitian ini dengan teknik Bridgman. Setelah terjadi penumbuhan kristal, kemudian

dikarakterisasi menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD), *Scanning Electron Microscope* (SEM), dan *Energy Dispersive Analysis X-Ray* (EDAX). *X-Ray Diffraction* (XRD) digunakan untuk mengetahui struktur kristal, sedangkan SEM dan EDAX digunakan untuk mengetahui struktur morfologi permukaan dan komposisi kimia.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada September 2016 sampai Februari 2017 di Laboratorium Fisika Material UNY, Laboratorium Kimia Organik FMIPA UNY, dan Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu (LPPT) Universitas Gajah Mada.

Langkah Penelitian

Penelitian ini meliputi 2 tahap, yaitu tahap preparasi dan tahap karakterisasi kristal. Tahap preparasi yaitu persiapan preparasi yang terdiri dari: penimbangan bahan dasar, pembersihan tabung *pyrex*, pemvakuman dan pengelasan. Tahap kedua yakni penumbuhan kristal dengan teknik Bridgman yang divariasi lama waktu pemanasannya. Tahap penumbuhan kristal meliputi: pemasukan kapsul dalam *furnace*, pemanasan dengan alur tertentu, dan pengambilan hasil setelah dingin.

Untuk sampel pertama, dipanaskan dari temperatur 28°C-300°C, kemudian dibiarkan pada temperatur 300°C selama 8 jam. Pada pemanasan hari kedua, bahan dipanaskan sampai temperatur 600°C, kemudian dibiarkan konstan pada temperatur 600°C selama 7 jam (total 15 jam). Untuk sampel kedua, dipanaskan dari temperatur 28°C-300°C, kemudian membiarkan pada temperatur 300°C selama 8 jam. Pada pemanasan hari kedua, bahan dipanaskan lagi pada temperatur 300°C selama 2 jam, kemudian temperatur dinaikkan sampai 600°C, dibiarkan konstan pada

temperatur 600°C selama 7 jam (total 17 jam). Untuk sampel 3, dipanaskan dari temperatur 28°C-300°C, kemudian membiarkan pada temperatur 300°C selama 8 jam. Pada pemanasan hari kedua, bahan dipanaskan lagi pada temperatur 300°C selama 6 jam, kemudian pada hari ketiga, bahan dipanaskan dengan temperatur dinaikkan sampai 600°C, dibiarkan konstan pada temperatur 600°C selama 7 jam (total 21 jam). Untuk sampel 4, dipanaskan dari temperatur 28°C-300°C, kemudian membiarkan pada temperatur 300°C selama 8 jam. Pada pemanasan hari kedua, bahan dipanaskan lagi pada temperatur 300°C selama 1 jam, kemudian dilanjutkan dengan menaikkan temperatur sampai 600°C selama 7 jam. Pada pemanasan hari ketiga, pemanasan dilakukan pada temperatur 600°C selama 7 jam (total 23 jam). Kristal hasil preparasi kemudian dikarakterisasi menggunakan XRD, SEM, dan EDAX.

Teknik Analisis Data

Data yang diperoleh dari karakterisasi dengan menggunakan XRD berupa difraktogram yang menyatakan hubungan antara intensitas dan sudut difraksi 2θ , hasil tersebut kemudian dibandingkan dengan standar JCPDS (*Joint Committee on Powder Diffraction Standard*), sehingga diperoleh bidang-bidang hkl dari sampel. Untuk mengetahui parameter kisi (a, b, dan c) yang terbentuk dapat dilakukan dengan metode analitik.

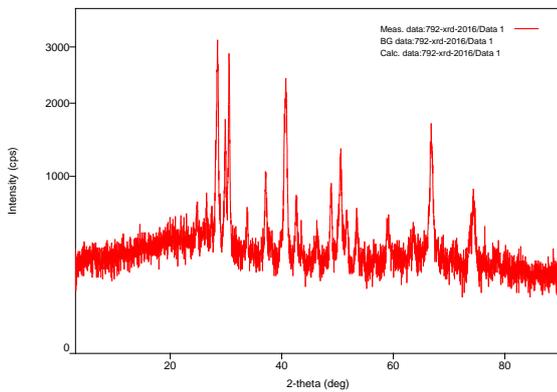
Data yang diperoleh dari hasil karakterisasi SEM berupa foto morfologi permukaan. Dari foto hasil pengamatan menggunakan SEM dapat dilihat morfologi dari kristal yang dihasilkan secara tiga dimensi. Hasil pengamatan menggunakan EDAX dapat dimanfaatkan untuk mengetahui komposisi kimia yang dimiliki kristal lengkap dengan perbandingan komposisi kimia yang dimiliki kristal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan empat sampel kristal semikonduktor masif $\text{Sn}(\text{Se}_{0,4}\text{Te}_{0,6})$ dengan teknik Bridgman yang memiliki perbandingan molar Sn : Se : Te sebesar 1 : 0,4 : 0,6. Penimbangan untuk setiap sampel dilakukan dengan membandingkan molar yang didapatkan dari perbandingan massa, dengan bahan Sn sebagai massa acuan. Keempat sampel yang telah dihasilkan kemudian dilakukan karakterisasi menggunakan XRD, SEM, dan EDAX

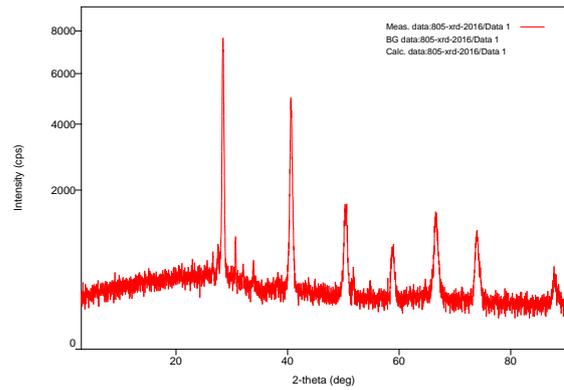
Hasil Karakterisasi dengan XRD (X-Ray Diffraction)

Data yang dihasilkan dari karakterisasi XRD berupa *difraktogram*, yaitu grafik hubungan antara intensitas (I) dengan sudut hamburan (2θ). *Difraktogram* menunjukkan puncak-puncak spektrum yang muncul pada sampel.



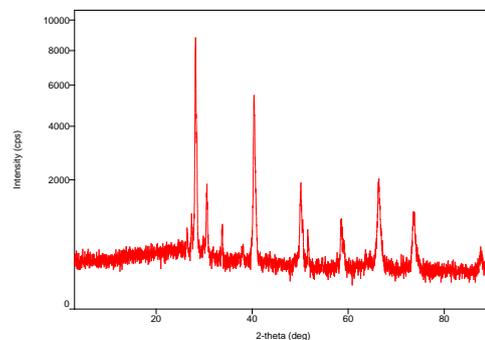
Gambar 1. *Difraktogram* $\text{Sn}(\text{Se}_{0,4}\text{Te}_{0,6})$ Massif Sampel 1 dengan Lama Pemanasan pada 300°C Selama 8 Jam dan pada 600°C Selama 7 Jam

Pada Gambar 1, hari pertama sampel dipanaskan dari temperatur 28°C - 300°C , kemudian dibiarkan pada temperatur 300°C selama 8 jam. Pada pemanasan hari kedua, bahan dipanaskan sampai temperatur 600°C , kemudian dibiarkan konstan pada temperatur 600°C selama 7 jam (total 15 jam). Dari hasil XRD sampel 1 diperoleh nilai intensitas maksimum sebesar 5122 cps pada $2\theta = 30,510^\circ$



Gambar 2. *Difraktogram* $\text{Sn}(\text{Se}_{0,4}\text{Te}_{0,6})$ Massif Sampel 2 dengan Lama Pemanasan pada 300°C Selama 10 Jam dan pada 600°C Selama 7 Jam

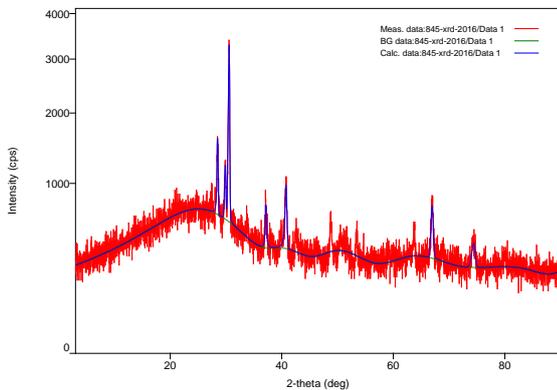
Pada Gambar 2, hari pertama sampel bahan semikonduktor $\text{Sn}(\text{Se}_{0,4}\text{Te}_{0,6})$ dipanaskan dari temperatur 28°C - 300°C , kemudian membiarkan pada temperatur 300°C selama 8 jam untuk adaptasi bahan dan temperaturnya. Pada pemanasan hari kedua, bahan dipanaskan lagi pada temperatur 300°C selama 2 jam, kemudian temperatur dinaikkan sampai 600°C , kemudian dibiarkan konstan pada temperatur 600°C selama 7 jam. Dari hasil XRD sampel 2 diperoleh nilai intensitas maksimum sebesar 4949 cps pada $2\theta = 28,351^\circ$.



Gambar 3. *Difraktogram* $\text{Sn}(\text{Se}_{0,4}\text{Te}_{0,6})$ Massif Sampel 3 dengan Lama Pemanasan pada 300°C Selama 14 Jam dan pada 600°C Selama 7 Jam

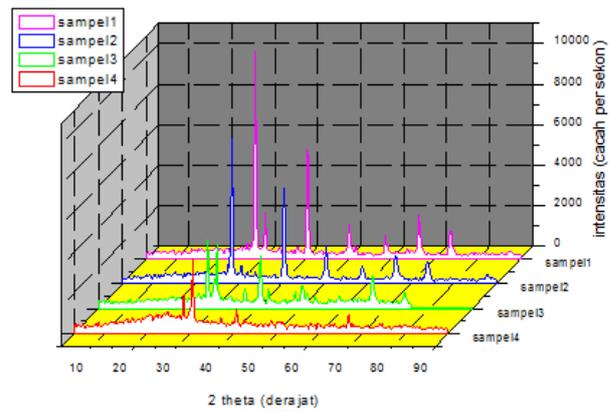
Pada Gambar 3, hari pertama sampel bahan semikonduktor $\text{Sn}(\text{Se}_{0,4}\text{Te}_{0,6})$ dipanaskan dari temperatur 28°C - 300°C , kemudian membiarkan pada temperatur 300°C selama 8 jam untuk adaptasi bahan dan temperaturnya. Pada pemanasan hari kedua, bahan dipanaskan lagi pada temperatur 300°C selama 6 jam, kemudian pada hari ketiga, bahan dipanaskan dengan

temperatur dinaikkan sampai 600°C , kemudian dibiarkan konstan pada temperatur 600°C selama 7 jam. Dari hasil XRD sampel 3 diperoleh nilai intensitas maksimum sebesar 1753 cps pada $2\theta = 28,175^{\circ}$



Gambar 4. Difraktogram $\text{Sn}(\text{Se}_{0,4}\text{Te}_{0,6})$ Massif Sampel 4 dengan Lama Pemanasan pada 300°C Selama 9 Jam dan pada 600°C Selama 14 Jam

Pada Gambar 4, hari pertama sampel bahan semikonduktor $\text{Sn}(\text{Se}_{0,4}\text{Te}_{0,6})$ dipanaskan pada temperatur 28°C - 300°C , kemudian membiarkan pada temperatur 300°C selama 8 jam untuk adaptasi bahan dan temperaturnya. Pada pemanasan hari kedua, bahan dipanaskan lagi pada temperatur 300°C selama 1 jam, kemudian dilanjutkan dengan menaikkan temperatur sampai 600°C selama 7 jam. Pada pemanasan hari ketiga, pemanasan dilakukan pada kristal 600°C selama 7 jam. Dari hasil XRD sampel 4 diperoleh nilai intensitas maksimum 1858 cps pada $2\theta = 30,577^{\circ}$.



Gambar 5. Perbandingan Difraktogram Massif $\text{Sn}(\text{Se}_{0,4}\text{Te}_{0,6})$ Sampel 1, Sampel 2, Sampel 3, dan Sampel 4

Pada Gambar 5, perbedaan antara keempat difraktogram adalah pada nilai intensitas puncak-puncaknya. Difraktogram pada sampel 3 mempunyai lebih banyak intensitas (puncak) dibandingkan dengan sampel 1, 2, dan 4, sedangkan untuk dan sampel 1 mempunyai intensitas kristal yang lebih tinggi dibandingkan sampel 2, sampel 3, dan sampel 4, tetapi puncak-puncak dari keempat difraktogram terletak pada 2θ yang mendekati sama yaitu pada 2θ sekitar 28° .

Dari keempat difraktogram sampel, diketahui pola difraksi berupa deretan puncak-puncak dengan intensitas relatif yang bervariasi sepanjang nilai 2θ tertentu. Besar intensitas relatif puncak dari deretan puncak bergantung pada jumlah atom atau ion yang ada dan distribusinya dalam sel satuan material tersebut.

Difraktogram pada sampel 3 mempunyai lebih banyak intensitas (puncak) dibandingkan dengan sampel 1, 2, dan 4, sedangkan untuk sampel 1 mempunyai intensitas kristal yang lebih tinggi dibandingkan sampel 2, sampel 3, dan sampel 4, tetapi puncak-puncak dari keempat difraktogram terletak pada 2θ yang mendekati sama yaitu pada 2θ sekitar 28° . Intensitas *peak* atau puncak menunjukkan tingkat keteraturan atom pada kristal yang terbentuk. Semakin tinggi puncak, maka semakin baik kualitas kristal.

Data penelitian kemudian dicocokkan dengan perbandingan data standar JCPDS (*Joint Commite on Powder Diffraction Standard*) dari SnTe. Penelitian ini cenderung lebih ke komposisi Te karena konsentrasi Te lebih besar dibandingkan dengan konsentrasi Se. Teknik yang digunakan untuk mencocokkan hasil XRD dengan JCPDS adalah program PCPDFWIN (*Program Computer Powder Diffraction Files Windows*).

Berdasarkan data tersebut, sampel SnTe berada pada grup ruang (*space group*) Fm3m (225) dan memiliki struktur kristal kubik pusat badan karena pada nilai $h+k+l$ menghasilkan bilangan genap (Scheer, M dan McCharty, 1994).

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

No	Sn(Se _{0,4} Te _{0,6}) Hasil XRD		JCPDS SnTe		hkl
	2θ (°)	I Relatif	2θ (°)	I Relatif	
2	40,301	64	40,415	50	220
3	50,104	16	50,019	16	222
4	58,45	12	58,477	10	400
5	66,263	29	66,227	16	420

6	73,6	13	73,526	8	422
7	87,66	2	87,422	4	440

Pada Tabel 1 hasil dari *difraktogram* kristal Sn(Se_{0,4}Te_{0,6}) pola alur pemanasan 1 terdapat 7 puncak yang nilainya mendekati JCPDS SnTe dan dapat diketahui nilai sudut difraksi (2θ), intensitas (*I*), dan jarak antar bidang (*dhkl*). Intensitas *peak* atau puncak menunjukkan tingkat keteraturan atom pada kristal yang terbentuk. Semakin tinggi puncak, maka semakin baik kualitas kristal. Sudut 2θ yang tertinggi terletak pada $2\theta = 28,175^\circ$

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

No	Sn(Se _{0,4} Te _{0,6}) Hasil XRD		JCPDS SnTe		hkl
	2θ (°)	I Relatif	2θ (°)	I Relatif	
2	40,52	61	40,415	50	220
3	50,36	19	50,019	16	222
4	58,73	8	58,477	10	400
5	66,42	15	66,227	16	420
6	73,959	13	73,526	8	422
7	87,73	4	87,422	4	440

Pada Tabel 2 hasil dari difraktogram kristal Sn(Se_{0,4}Te_{0,6}) pola alur pemanasan 2 terdapat 7 puncak yang nilainya mendekati JCPDS SnTe dan dapat diketahui nilai sudut difraksi (2θ), intensitas (I), dan jarak antar bidang (d_{hkl}). Intensitas *peak* atau puncak menunjukkan tingkat keteraturan atom pada kristal yang terbentuk. Semakin tinggi puncak, maka semakin baik kualitas kristal. Sudut 2θ yang tertinggi terletak pada $2\theta = 28,351^\circ$

Tabel 3. Perbandingan Hasil XRD Sn(Se_{0,4}Te_{0,6}) Sampel 3 dengan JCPDS SnTe

No	Sn(Se _{0,4} Te _{0,6}) Hasil XRD		JCPDS SnTe		<i>hkl</i>
	2θ (°)	I Relatif	2θ (°)	I Relatif	
1	28,51	96	28,309	100	200
2	40,692	76	40,415	50	220
3	50,442	36	50,019	16	222
4	66,704	51	66,227	16	420

Pada Tabel 3 hasil dari difraktogram kristal Sn(Se_{0,4}Te_{0,6}) pola alur pemanasan 3 terdapat 4 puncak yang nilainya mendekati JCPDS SnTe dan dapat diketahui nilai sudut difraksi (2θ), intensitas (I), dan jarak antar bidang (d_{hkl}). Intensitas *peak* atau puncak menunjukkan tingkat keteraturan atom pada kristal yang terbentuk. Semakin tinggi puncak, maka semakin baik kualitas kristal. Sudut 2θ yang tertinggi terletak pada $2\theta = 28,51^\circ$

Tabel 4. Perbandingan Hasil XRD Sn(Se_{0,4}Te_{0,6}) Sampel 4 dengan JCPDS SnTe

No	Sn(Se _{0,4} Te _{0,6}) Hasil XRD		JCPDS SnTe		<i>hkl</i>
	2θ (°)	I Relatif	2θ (°)	I Relatif	
1	28,45	37	28,309	100	200
2	40,69	24	40,415	50	220
3	66,227	18	66,227	16	420

Pada Tabel 4 hasil dari difraktogram kristal Sn(Se_{0,4}Te_{0,6}) pola alur pemanasan 4 terdapat 3 puncak yang nilainya mendekati JCPDS SnTe dan dapat diketahui nilai sudut difraksi (2θ), intensitas (I), dan jarak antar bidang (d_{hkl}). Intensitas *peak* atau puncak menunjukkan tingkat keteraturan atom pada kristal yang terbentuk. Semakin tinggi puncak, maka semakin baik kualitas kristal. Sudut 2θ yang tertinggi terletak pada $2\theta = 28,45^\circ$

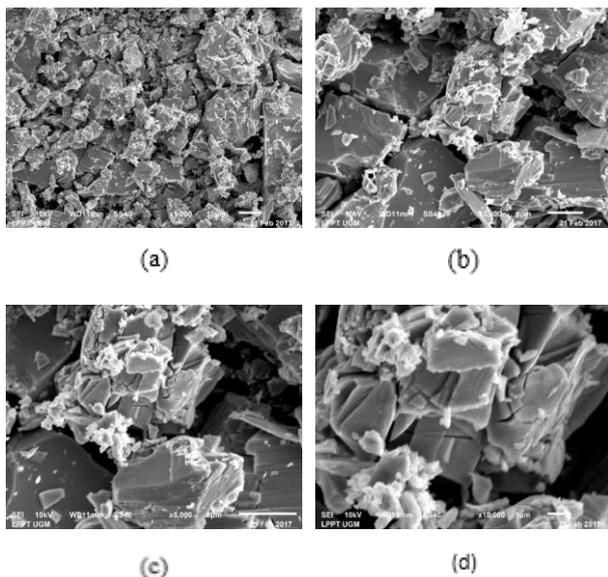
Tabel 5. Parameter Kisi Sn(Se_{0,4}Te_{0,6}) pada Sampel 1, 2, 3, dan 4 Dibandingkan dengan JCPDS SnTe

Parameter	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	Sampel 4	JCPDS SnTe
a (Å)	6,3104	6,2892	6,2684	6,2684	6,3030
Struktur Kristal	Kubik Pusat Badan	Kubik Pusat Badan	Kubik Pusat Badan	Kubik Pusat Badan	Kubik Pusat Badan

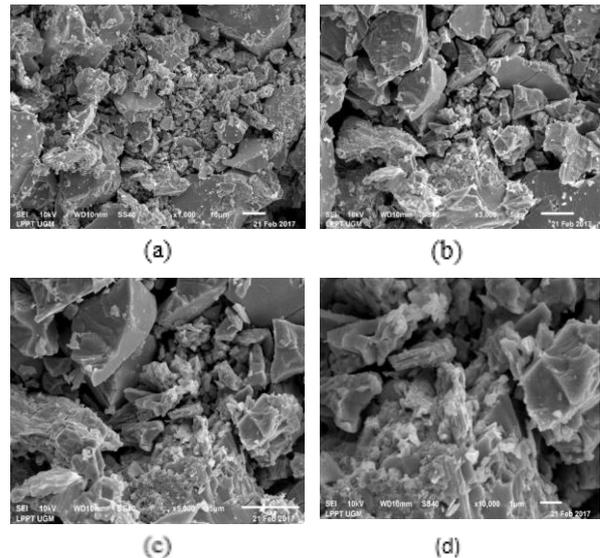
Tabel 5 dapat diketahui bahwa parameter kisi a dari keempat sampel hasil kristal $\text{Sn}(\text{Se}_{0,4}\text{Te}_{0,6})$ pada pola alur pemanasan 1 dan 2 menghasilkan kualitas lebih baik dibandingkan pola alur pemanasan 3 dan 4 ditinjau dari nilai parameter kisi, tetapi dari keempat sampel juga tidak memiliki perbedaan yang besar terhadap parameter kisi JCPDS SnTe . Hal tersebut membuktikan bahwa lama waktu pemanasan mempengaruhi puncak intensitas, tetapi tidak mempengaruhi nilai parameter kisi dan struktur kristal.

Hasil Karakterisasi dengan SEM (*Scanning Electron Microscopy*)

Sampel yang dipilih untuk diuji dengan SEM adalah sampel 1 dan sampel 3 dikarenakan pada sampel 1 memiliki puncak yang paling tinggi (keteraturan atom-atomnya lebih baik) diantara sampel-sampel yang lainnya, sedangkan untuk sampel 3 memiliki banyak puncak yang terlihat (keteraturan atom-atomnya kurang baik).



Gambar 6. Foto Morfologi Permukaan Kristal $\text{Sn}(\text{Se}_{0,4}\text{Te}_{0,6})$ Sampel 1 Hasil SEM dengan Perbesaran (a) 1.000X, (b) 3.000X, (c) 5.000X, (d) 10.000X



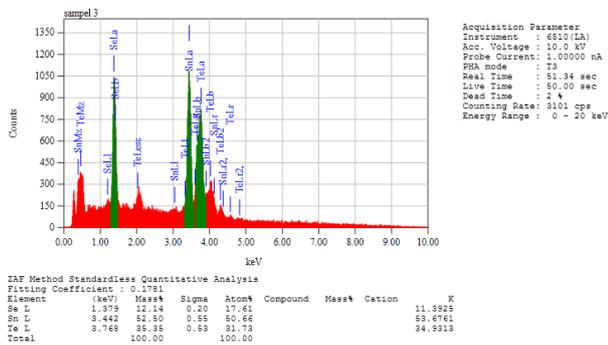
Gambar 7. Foto Morfologi Permukaan Kristal $\text{Sn}(\text{Se}_{0,4}\text{Te}_{0,6})$ Sampel 3 Hasil SEM dengan Perbesaran (a) 1.000X, (b) 3.000X, (c) 5.000X, (d) 10.000X

Hasil karakterisasi SEM pada Gambar 6 dan Gambar 7 menunjukkan bahwa kristal semikonduktor $\text{Sn}(\text{Se}_{0,4}\text{Te}_{0,6})$ sudah terbentuk. Kristal yang terbentuk ditandai dengan munculnya butiran-butiran (*grain*) berbentuk kotak. Meskipun demikian, dari gambar juga nampak terlihat bongkahan-bongkahan besar berbentuk runcing dan acak yang tersebar secara teratur dalam pola tataan tertentu.

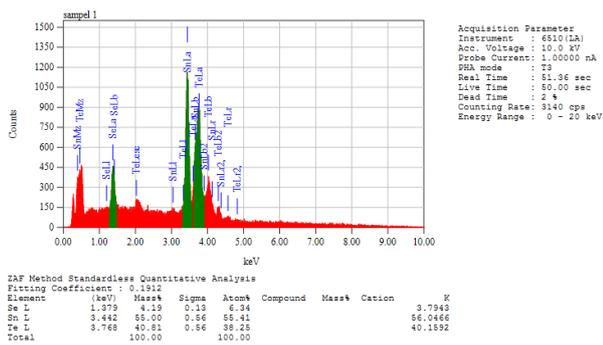
Pada perbesaran 10000x untuk sampel 1 terlihat *grain* (butiran) lebih besar daripada sampel 3, ini menunjukkan bahwa keteraturan atom pada sampel 1 lebih baik daripada sampel 3. Hal ini dapat dikarenakan, pada pemanasan selama 15 jam, bahan Sn, Se, dan Te sudah melebur lebih dahulu daripada waktu 17 jam, 21 jam, dan 23 jam. Ketika suatu kristal diberi pemanasan lebih lama, kemungkinan kristal akan lebih banyak cacat kristalnya dibandingkan dengan waktu yang lebih sedikit. Dengan demikian, diketahui pula bahwa lama waktu pemanasan juga memberikan pengaruh terhadap ukuran *grain* dan bentuk menyerupai kubik pada sampel.

Hasil Karakterisasi dengan EDAX (Energy Dispersive Analysis of X-Ray)

Hasil analisis EDAX berupa grafik hubungan antara intensitas dengan energi yang menyatakan hasil spektrum energi sinar-x karakteristik dari bahan sampel yang dikarakterisasi.



Gambar 8. Hasil Karakterisasi EDAX Kristal Sn(Se_{0,4}Te_{0,6}) pada Sampel 1



Gambar 9. Hasil Karakterisasi EDAX Kristal Sn(Se_{0,4}Te_{0,6}) pada Sampel 3

Dapat diketahui dari Gambar 8 dan Gambar 9 bahwa preparasi semikonduktor Sn(Se_{0,4}Te_{0,6}) mengandung unsur *Stannum* (Sn), *Selenium* (Se), dan *Tellurium* (Te) ditunjukkan dengan bagian yang diberi warna hijau, sedangkan bagian yang berwarna merah menunjukkan unsur lain terdapat dalam paduan semikonduktor kristal Sn(Se_{0,4}Te_{0,6}).

Tabel 7. Perbandingan Molaritas Unsur Sn, Se, dan Te

Sampel	Konsentrasi Unsur			Perbandingan Unsur Mol		
	Sn	Se	Te	Sn	Se	Te
1	50,66 %	17,61 %	31,73 %	1	0,4	0,6
3	55,41 %	6,34 %	38,25 %	1	0,1	0,7

Pada Tabel 7 menunjukkan bahwa sampel 1 memiliki hasil yang sesuai dengan teori dan secara teori perbandingan mol Sn : Se : Te adalah 1 : 0,4 : 0,6.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan mengenai hasil preparasi bahan semikonduktor Sn(Se_{0,4}Te_{0,6}) dengan menggunakan teknik Bridgman, diperoleh kesimpulan bahwa variasi waktu pemanasan kristal Sn(Se_{0,4}Te_{0,6}) hasil preparasi dengan teknik Bridgman mempengaruhi puncak intensitas, tetapi tidak mempengaruhi nilai parameter kisi dan struktur kristal. Hasil yang diperoleh dari karakterisasi XRD adalah sampel 1 memiliki keteraturan dan kualitas kristal yang baik dibandingkan dengan sampel 2, sampel 3, dan sampel 4. Nilai parameter pada sampel 1 membuktikan bahwa lama waktu pemanasan 15 jam lebih baik karena paling mendekati nilai parameter kisi JCPDS SnTe yaitu $a = 6,3030 \text{ \AA}$ daripada waktu pemanasan 17 jam, 21 jam, dan 23 jam. Struktur kristal yang terbentuk adalah kubik. Sampel 1 diperoleh nilai parameter kisi $a = 6,3104 \text{ \AA}$, sampel 2 diperoleh nilai parameter kisi $a = 6,2892 \text{ \AA}$, sampel 3 diperoleh nilai parameter kisi $a = 6,2684 \text{ \AA}$, dan sampel 4 diperoleh nilai parameter kisi $a = 6,2684 \text{ \AA}$. Dikarenakan hasil parameter kisi yang tidak terpaut jauh, maka lama waktu pemanasan tidak mempengaruhi nilai parameter kisi. Hasil

karakterisasi SEM menunjukkan bahwa bahan paduan $\text{Sn}(\text{Se}_{0,4}\text{Te}_{0,6})$ yang terbentuk ditandai dengan adanya warna yang seragam dan terang pada permukaan bahan (kristal sudah tercampur). Hasil karakterisasi EDAX menunjukkan bahwa komposisi kimia bahan paduan $\text{Sn}(\text{Se}_{0,4}\text{Te}_{0,6})$ pada sampel 1 yaitu Sn = 50,66% ; Se = 17,61%, dan Te = 31,73% dengan perbandingan mol Sn : Se : Te adalah 1 : 0,4 : 0,6.

Saran

Dalam proses preparasi bahan, sebaiknya menggunakan tabung yang mempunyai titik lebur lebih tinggi dari *pyrex* sehingga pemanasan dapat dilakukan pada suhu yang sangat tinggi dan waktu yang lama untuk menghindari ledakan pada tabung. Dalam proses pemvakuman sebaiknya dilakukan pada tekanan yang lebih rendah agar unsur-unsur yang lain tidak ikut bereaksi. Setelah kristal dikeluarkan dari tabung *pyrex*, sebaiknya langsung dimasukkan dalam tabung yang rapat agar mencegah dari kontaminasi udara dari luar. Sebaiknya melakukan penelitian lebih lanjut tentang $\text{Sn}(\text{Se}_{0,4}\text{Te}_{0,6})$ dengan variasi lama waktu pemanasan yang lebih bervariasi agar diperoleh informasi yang lebih banyak.

DAFTAR PUSTAKA

- Askerov, B.M. (1994). *Electron Transport Phenomena in Semiconductors*. Salem: World Scientific Publishing.
- Moh. Anshori. (2016). *Pengaruh Temperatur Pemanasan pada Kualitas Kristal $\text{Sn}(\text{S}_{0,8}\text{Te}_{0,2})$ Hasil Preparasi dengan Metode Bridgman*. Skripsi. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Rio, S.R., & Iida, M (1982). *Fisika dan Teknologi Semikonduktor*. Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- Saini, R., Pallavi, Singh, M., Kumar, R., Jain, G., et.al. (2010). *Structural and Electrical Characterization of sintered SnTe Films*. *Jurnal. College: Department of Physics*.
- Susanti, Lilik. (2013). *Penentuan Struktur Kristal dan Komposisi Kimia Bahan Semikonduktor $\text{Sn}(\text{S}_{0,4}\text{Se}_{0,6})$ Hasil Preparasi dengan Metode Bridgman*. Skripsi. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.

