

PENGARUH WAKTU ALUR PEMANASAN TERHADAP KUALITAS KRISTAL Sn(S_{0,4}Te_{0,6}) HASIL PREPARASI DENGAN TEKNIK BRIDGMAN

THE EFFECT OF FLOW HEATING TIME FOR CRYSTAL QUALITY Sn(S_{0,4}Te_{0,6}) PREPARATION PRODUCTS WITH BRIDGMAN TECHNIQUE

Oleh: Erda Harum Saputri^{1*)}, Ariswan²

¹Mahasiswa Program Studi Fisika FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta

²Dosen Program Studi Fisika FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta

*) Email : saputierda@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi waktu pemanasan terhadap struktur kristal bahan semikonduktor Sn(S_{0,4}Te_{0,6}) dan untuk mengetahui morfologi permukaan serta komposisi kimia pada bahan semikonduktor Sn(S_{0,4}Te_{0,6}). Proses penumbuhan kristal pada penelitian ini menggunakan metode Bridgman yang dilakukan dengan memanaskan bahan Sn, S dan Te dengan perbandingan molaritasnya adalah 1 : 0,4 : 0,6 dan bekerja pada tekanan 5x10⁻⁵ mbar. Pemanasan bahan semikonduktor Sn(S_{0,4}Te_{0,6}) dilakukan dengan menggunakan waktu awal sama untuk semua Sampel yakni selama 2 jam pada suhu 300°C dan pada suhu 600°C dilakukan variasi waktu, yakni Sampel 1 dipanaskan selama 4 jam, Sampel 2 selama 5 jam dan Sampel 3 selama 6 jam. Kristal hasil preparasi kemudian dikarakterisasi menggunakan X-Ray Diffraction (XRD), Scanning Electron Microscopy (SEM) dan Energy Dispersive Analysis of X-Ray (EDAX). Hasil karakterisasi XRD yang berupa difraktogram menunjukkan bahwa kristal bahan semikonduktor Sn(S_{0,4}Te_{0,6}) yang terbentuk memiliki struktur kubik, dengan parameter kisi untuk alur pemanasan Sampel 1 adalah $a = 6,269 \text{ \AA}$, alur pemanasan Sampel 2 diperoleh parameter kisi $a = 6,289 \text{ \AA}$ serta untuk alur pemanasan Sampel 3, nilai parameter kisi $a = 6,269 \text{ \AA}$. Berdasarkan hasil XRD, Sampel 3 menunjukkan intensitas yang paling tinggi. Hasil karakterisasi SEM, memperlihatkan bahwa kristal yang terbentuk merupakan polikristal dan hasil EDAX diperoleh perbandingan mol Sn, S dan Te adalah 1 : 0,2 : 0,7.

Kata kunci: Kristal Sn(S_{0,4}Te_{0,6}), Hasil Preparasi, Struktur Kristal, Karakterisasi XRD, SEM dan EDAX.

Abstract

The purpose of this research is to understand the effect of heating time variation on crystal structure of semiconductor material Sn(S_{0,4}Te_{0,6}) and to understand surface morphology and chemical composition of semiconductor material Sn(S_{0,4}Te_{0,6}). The crystal growing process in this research was done using Bridgman method with Sn, S and Te materials with molarity ratio of 1 : 0.4 : 0.6 and active on 5x10⁻⁵ mbar pressure. At the beginning all Samples were heated at 300°C for 2 hours. It was then increased to 600°C for 4 hours (Samples 1), 5 hours (Samples 2) and 6 hours (Samples 3). Crystal preparation products were then characterized using X-Ray Diffraction (XRD), Scanning Electron Microscopy (SEM) and Energy Dispersive Analysis of X-Ray (EDAX). Characterization results of XRD showed that Sn(S_{0,4}Te_{0,6}) semiconductor crystal structure was cubic. The lattice parameters of the flow heating sample 1 was obtained at $a = 6.269 \text{ \AA}$, flow heating at sample 2 $a = 6.289 \text{ \AA}$ and for the flow heating at sample 3 $a = 6.269 \text{ \AA}$. Based on XRD results, Sample 3 showed the highest intensity. The SEM results showed that the formed crystal was polycrystalline. The mole ratio of Sn, S and Te observed by EDAX was 1 : 0.2 : 0.7.

Keywords: Crystal Sn(S_{0,4}Te_{0,6}), Preparation Products, Crystal Structure, Characterization of XRD, SEM and EDAX.

PENDAHULUAN

Inovasi teknologi berkembang dengan cepat dan selaras dengan perkembangan karakteristik masyarakat modern yang memiliki mobilitas tinggi, menginginkan hal yang serba fleksibel, serba mudah dan memuaskan serta mengejar efisiensi disegala aspek. Salah satu teknologi yang berkembang sangat pesat yaitu optoelektronika. Di dalam bidang optoelektronika banyak terdapat komponen-komponen optoelektronika yang terbuat dari bahan semikonduktor.

Jenis bahan semikonduktor dari paduan golongan IV-VI sangat berguna dalam mengembangkan teknologi optoelektronika dibandingkan bahan semikonduktor GaAs yang tergolong mahal dan sulit untuk mendapatkan kristal yang berkualitas tinggi. Komponen semikonduktor 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).

Kristal SnTe adalah campuran dari Sn (*Tin*) dan Te (*Tellurium*). Unsur Sn termasuk golongan IV dan unsur Te termasuk golongan VI. SnTe terletak pada *band gap* yang sempit. Kristal SnTe memiliki *energy gap* sekitar 0.18 eV. Karena memiliki *energy gap* yang kecil,

maka upaya yang dilakukan untuk meningkatkan *energy gap* adalah dengan melakukan *doping* (pengotoran) sulfur pada kristal SnTe agar *energy gap* sedikit meningkat dan dapat diaplikasikan sebagai bahan dasar detektor inframerah.

Pada penelitian ini akan ditumbuhkan kristal dari bahan semikonduktor Sn(S_{0,4}Te_{0,6}) menggunakan teknik Bridgman dengan variasi waktu pemanasan maksimum dimana temperatur yang digunakan berada di atas titik lebur dari Sn, S dan Te. Proses dari teknik Bridgman lebih sederhana dan biayanya relatif lebih murah. Prinsip kerja teknik Bridgman adalah pemanasan bahan dasar dengan kemurnian tinggi 99.9% menggunakan tabung *pyrex* yang telah divakumkan dan dipanaskan di dalam *furnace*, dengan massa masing-masing bahan yang sesuai dengan material yang akan dibuat.

Karena belum ada penelitian sebelumnya yang membahas tentang karakterisasi kristal Sn(S_{0,4}Te_{0,6}) dengan pengaruh waktu alur pemanasan, maka dalam penelitian ini dilakukan karakterisasi menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD), *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dan *Energy Dispersive Analysis of X-Ray* (EDAX). XRD digunakan untuk mengetahui struktur kristal dan SEM digunakan untuk meneliti struktur morfologi permukaan kristalnya.

EDAX dimanfaatkan untuk mengetahui komposisi kimia secara kuantitatif dengan memanfaatkan interaksi tumbukan berkas elektron dengan material.

METODOLOGI PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dan pengambilan data ini dilaksanakan selama kurang lebih 4 bulan, yang dimulai sejak bulan Desember 2015 sampai dengan bulan Maret 2016.

Preparasi penumbuhan kristal $\text{Sn}(\text{S}_{0,4}\text{Te}_{0,6})$ dengan metode Bridgman dilakukan di Laboratorium Fisika Material FMIPA UNY, sedangkan karakterisasi kristal $\text{Sn}(\text{S}_{0,4}\text{Te}_{0,6})$ dilakukan di Laboratorium Kimia Organik FMIPA UNY dan Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu (LPPT) UGM.

Langkah Penelitian

Penelitian ini terdiri dari dua tahapan, yakni: tahap persiapan preparasi dan tahap penumbuhan kristal. Tahap pertama yakni persiapan preparasi yang meliputi: penimbangan bahan dasar, pembersihan tabung *pyrex* atau kuarsa, pemvakuman dan pengelasan. Tahap kedua yakni penumbuhan kristal yang meliputi: pemasukan kapsul dalam *furnace*, pemanasan dengan alur tertentu dan pengambilan hasil setelah dingin.

Pada penelitian ini yang dilakukan pertama adalah mempersiapkan bahan dasar yakni Sn, S dan Te. Selanjutnya proses penimbangan bahan dilakukan

untuk masing-masing bahan dasar dari kristal $\text{Sn}(\text{S}_{0,4}\text{Te}_{0,6})$, yaitu Sn : S : Te dengan perbandingan mol 1 : 0,4 : 0,6. Adapun berat atom untuk unsur Sn (Stannum) adalah 118,690 gram/mol; S (Sulfur) = 32,060 gram/mol dan unsur Te (Telluride) = 127,600 gram/mol. Pada proses penimbangan diperlukan massa dari salah satu bahan untuk digunakan sebagai acuan penimbangan massa bahan-bahan yang lain. Massa bahan yang dipilih sebagai acuan dalam penelitian ini yaitu massa dari unsur Sn.

Langkah awal tahap penimbangan bahan adalah menimbang unsur Sn sebesar 1,145 gram. Selanjutnya massa unsur S dan Te dapat dihitung dengan persamaan:

$$\text{Massa S} = \left(\left[\frac{\text{massa Sn}}{(\text{BA})\text{Sn}} \times (\text{BA})\text{S} \right] \times \frac{\text{koef S}}{\text{koef Sn}} \right) \text{gram}$$

$$\text{Massa Te} = \left(\left[\frac{\text{massa Sn}}{(\text{BA})\text{Sn}} \times (\text{BA})\text{Te} \right] \times \frac{\text{koef Te}}{\text{koef Sn}} \right) \text{gram}$$

Massa unsur bahan Sn yang ditimbang sebagai acuan adalah 1,145 gram, maka massa unsur S dan Te sebesar:

$$\text{Massa S} = \left(\left[\frac{1,145}{118,690} \times 32,060 \right] \times \frac{0,4}{1} \right) \text{gram}$$

$$\text{Massa S} = 0,124 \text{ gram}$$

$$\text{Massa Te} = \left(\left[\frac{1,145}{118,690} \times 127,600 \right] \times \frac{0,6}{1} \right) \text{gram}$$

$$\text{Massa Te} = 0,739 \text{ gram}$$

Pada penimbangan ini dipersiapkan 3 Sampel sebagai bahan preparasi penumbuhan kristal yaitu Sampel 1, Sampel 2 dan Sampel 3, dengan massa dan komposisi sama dari ketiga Sampel tersebut.

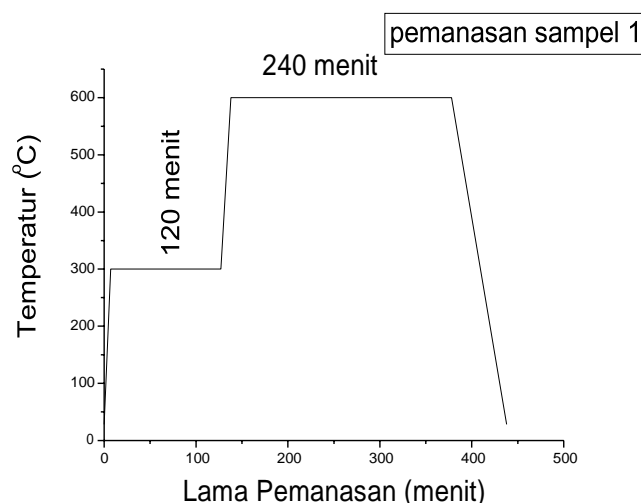
Setelah bahan ditimbang kemudian masing-masing bahan tersebut dimasukkan dalam tabung *pyrex* untuk divakum. Pemvakuman bertujuan supaya gas-gas yang berada di dalam tabung dapat dikeluarkan, sehingga saat proses penumbuhan kristal gas-gas tersebut tidak ikut bereaksi. Bahan-bahan dalam tabung *pyrex* divakumkan hingga mencapai tekanan 5×10^{-5} mbar.

Proses pengelasan dilakukan setelah proses vakum selesai. Tabung *pyrex* kemudian dilas menggunakan las asitelin sehingga membentuk kapsul.

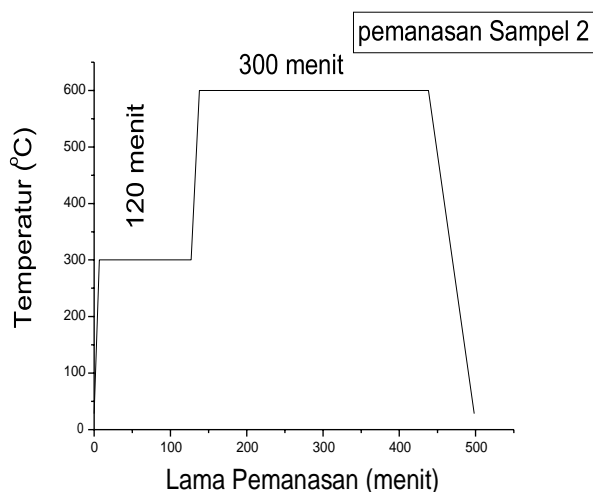
Pada tahap preparasi, bahan dipanaskan pada temperatur awal sama untuk semua Sampel yakni 300°C selama 2 jam dan variasi waktu untuk masing-masing Sampel pada suhu 600°C , yakni Sampel 1 dipanaskan selama 4 jam, Sampel 2 selama 5 jam dan Sampel 3 selama 6 jam. Adapun langkah-langkah dalam tahap preparasi sebagai berikut:

1. Memasukkan kapsul berisi bahan paduan Sn, S dan Te ke dalam furnace dengan posisi horizontal.
2. Mengaktifkan furnace dengan menekan saklar hingga posisi ON.
3. Mengatur temperaturnya sesuai dengan alur pemanasan yang dikehendaki.
4. Mencatat waktu pemanasan dari temperatur kamar hingga mencapai temperatur yang dikehendaki.

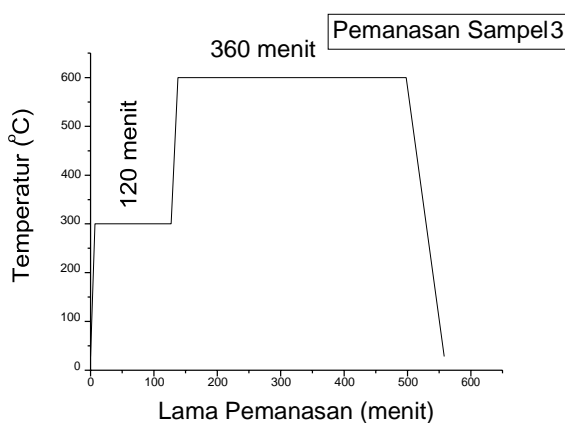
Alur pemanasan untuk Sampel 1, Sampel 2 dan Sampel 3 ditunjukkan pada Gambar 1, Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 1. Pola Alur Pemanasan Sampel I Bahan $\text{Sn}(\text{S}_{0,4}\text{Te}_{0,6})$



Gambar 2. Pola Alur Pemanasan Sampel 2
Bahan $\text{Sn}(\text{S}_{0,4}\text{Te}_{0,6})$



Gambar 3. Pola Alur Pemanasan Sampel 3
Bahan $\text{Sn}(\text{S}_{0,4}\text{Te}_{0,6})$

Teknik Analisis Data

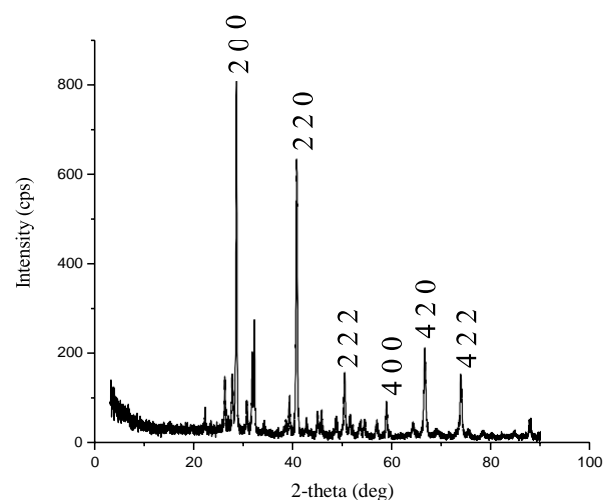
Hasil XRD berupa *difraktogram* sebagai fungsi intensitas dan sudut difraksi (2θ). Dari hasil XRD selanjutnya dibandingkan dengan data JCPDS (*Joint Committee on Powder Diffraction Standard*), sehingga diperoleh bidang *hkl* dari Sampel. Nilai parameter kisi (*a*) dapat ditentukan dengan metode analitik.

Hasil karakterisasi SEM adalah foto/gambar morfologi permukaan kristal $\text{Sn}(\text{S}_{0,4}\text{Te}_{0,6})$ yang terbentuk. Dari foto tersebut dapat diamati bentuk dan ukuran butiran-butiran (*grain*) melalui berbagai perbesaran. Hasil karakterisasi EDAX berupa *spectrum* yang menunjukkan komposisi kimia yang terkandung dalam kristal $\text{Sn}(\text{S}_{0,4}\text{Te}_{0,6})$.

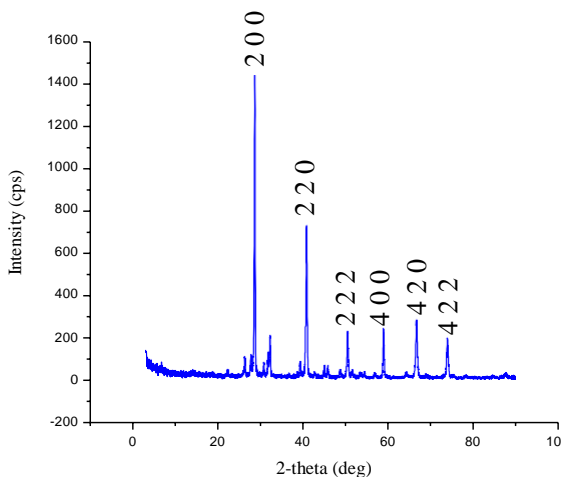
HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Struktur Kristal $\text{Sn}(\text{S}_{0,4}\text{Te}_{0,6})$ dengan XRD

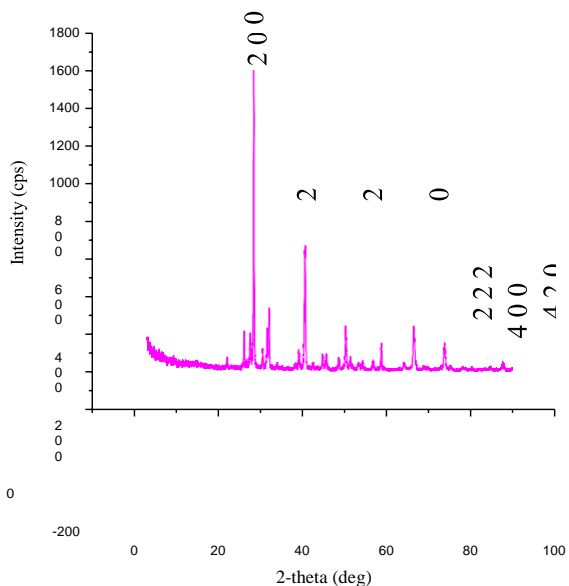
Data yang dihasilkan dari karakterisasi XRD berupa *difraktogram*, yaitu grafik hubungan antara intensitas (*I*) dengan sudut hamburan (2θ). *Difraktogram* menunjukkan puncak-puncak spectrum yang muncul pada Sampel. *Difraktogram* hasil XRD dari Sampel $\text{Sn}(\text{S}_{0,4}\text{Te}_{0,6})$ pada Sampel 1, 2 dan 3 berturut-turut ditunjukkan oleh Gambar 4, Gambar 5 dan Gambar 6.



Gambar 4.
Difraktogram $\text{Sn}(\text{S}_{0,4}\text{Te}_{0,6})$ massif Sampel 1



Gambar 5.
Difraktogram Sn(S_{0,4}Te_{0,6})massif Sampel 2



Gambar 6.
Difraktogram Sn(S_{0,4}Te_{0,6})masif Sampel 3

Sampel 3 memiliki intensitas yang paling tinggi dilihat dari puncak yang paling tinggi pada difraktogram hasil karakterisasi XRD, hal ini menunjukkan bahwa kualitas kristal pada alur pemanasan Sampel 3 lebih baik dibandingkan dengan kualitas kristal pada Sampel 1 dan 2. Intensitas berpengaruh pada tingkat keteraturan atom dalam bahan. Intesitas yang tinggi menunjukkan bahwa atom yang berada dalam bahan

dapat menempati posisinya dengan baik. Semakin teratur atom dalam bahan maka kualitas kristalnya semakin baik.

Adapun hasil perbandingan data parameter kisi hasil perhitungan pada Sampel 1, 2 dan 3 dengan data standar JCPDS tersaji dalam Tabel 1. Untuk Sampel 1 diperoleh harga parameter kisi $a = 6,269 \text{ \AA}$, untuk Sampel 2 diperoleh parameter kisi $a = 6,289 \text{ \AA}$ dan untuk Sampel 3 $a = 6,269 \text{ \AA}$.

Tabel 1. Nilai perbandingan parameter kisi kristal Sn(S_{0,4}Te_{0,6}) hasil preparasi dengan metode Bridgman terhadap JCPDS SnTe.

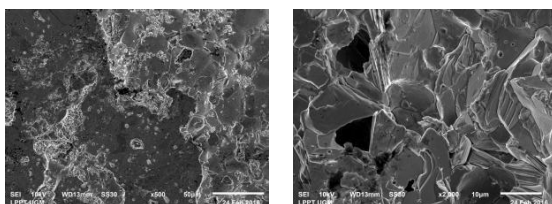
Parameter Kisi	Sn(S _{0,4} Te _{0,6})			JCPDS SnTe
	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3	
a	6,269 Å	6,289 Å	6,269 Å	6,327 Å
Struktur Kristal	kubik	kubik	kubik	kubik

Dari perbandingan hasil difraktogram dan nilai parameter kisi pada Tabel 1, dapat disimpulkan bahwa pola alur pemanasan dengan temperatur tinggi dan dalam jangka waktu yang lama berpengaruh terhadap kualitas kristal yang dihasilkan. Struktur kristal Sn(S_{0,4}Te_{0,6}) dengan pola alur pemanasan ini menghasilkan struktur kristal kubik. Jika dilihat dari nilai h , k dan l untuk struktur kristal kubik pada data JCPDS SnTe, kristal Sn(S_{0,4}Te_{0,6}) termasuk jenis struktur

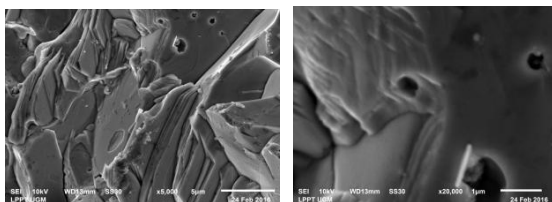
kristal kubik pusat badan (*body center cubic*).

Analisis Morfologi Permukaan Sn(S_{0,4}Te_{0,6})Masif dengan SEM

Karakterisasi SEM digunakan untuk Mengetahui morfologi permukaan Sn(S_{0,4}Te_{0,6})masif. Pada penelitian ini, karakterisasi SEM dilakukan pada Sampel 3 saja, karena kristal yang dihasilkan dari alur pemanasan Sampel 3 lebih baik dibandingkan dengan Sampel 1 dan 2. Hasil yang diperoleh dari karakterisasi ini dapat dilihat secara langsung pada hasil SEM berupa *Scanning Electron Micrography* yang dapat menyajikan gambar dalam 2 dan 3 dimensi. Hasil karekterisasi SEM dalam dua dimensi ditunjukkan pada Gambar 7.



(a) (b)

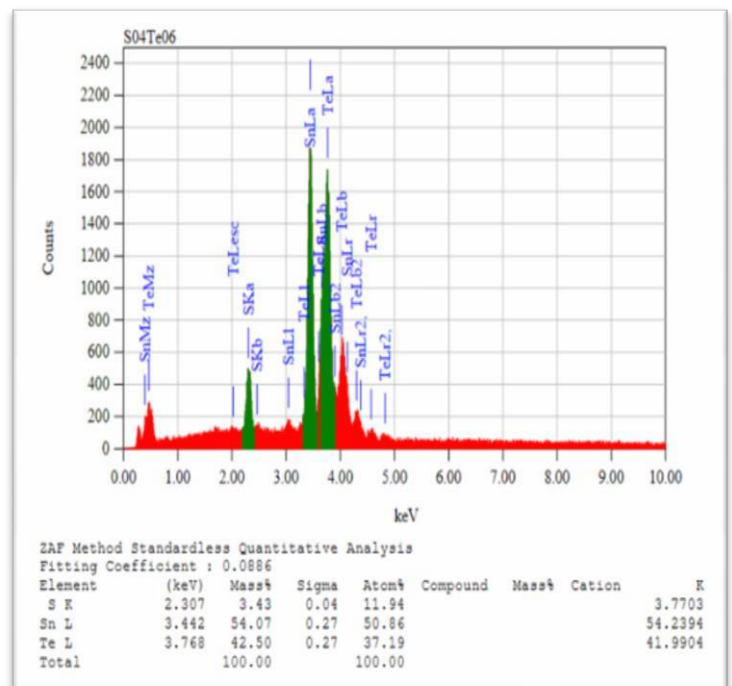


(c) (d)

Gambar 7. Hasil Pemotretan Permukaan Sn(S_{0,8}Te_{0,2})Masif, (a) Perbesaran 500x, (b) Perbesaran 2000x, (c) Perbesaran 5000x dan (d) Perbesaran 20000x

Analisis Komposisi Kimia Sn(S_{0,4}Te_{0,6})Masif dengan EDAX

Karakterisasi EDAX dilakukan pada Sampel 3. Dimana kualitas Sampel 3 lebih baik dibandingkan Sampel 1 dan 2 karena mempunyai puncak intensitas yang paling tinggi. Hasil karakterisasi EDAX ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik Hubungan antara Intensitas dengan Energi Hasil Karakterisasi EDAX Sn(S_{0,4}Te_{0,6})Masif

Hasil preparasi bahan Sn(S_{0,4}Te_{0,6}) dengan metode Bridgman yang dihasilkan dari Sampel 3 menunjukkan bahwa perbandingan persentase komposisi kimia bahan dasarnya, yaitu unsur Sn = 50,86 %, S = 11,94 % dan Te = 37,19 %. Dari hasil tersebut diketahui bahwa hasil preparasi yang dilakukan sudah berhasil, yaitu dengan sudah terbentuknya unsur Sn, S dan Te. Namun dari hasil tersebut dapat

dilihat bahwa terdapat sedikit selisih perbandingan mol Sn, S dan Te antara hasil penelitian dengan teori. Hasil penelitian diperoleh perbandingan mol Sn : S : Te adalah 1 : 0,2 : 0,7. Sedangkan perbandingan mol Sn : S : Te secara teori adalah 1 : 0,4 : 0,6. Ketidaksesuaian ini disebabkan oleh beberapa hal, diantaranya: kurang telitinya penulis saat proses penimbangan bahan, kondisi saat pemvakuman tabung belum vakum atau steril sepenuhnya dan kemungkinan adanya unsur lain seperti O₂ yang ikut bereaksi.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Variasi waktu pemanasan kristal Sn(S_{0,4}Te_{0,6}) hasil preparasi dengan teknik Bridgman memengaruhi nilai parameter kisi dan puncak intensitas dari hasil XRD, namun tidak memengaruhi struktur kristal, karena struktur kristal Sampel 1, Sampel 2 dan Sampel 3 memiliki struktur kristal kubik. Hasil yang diperoleh dari karakterisasi XRD menunjukkan bahwa Sampel 3 memiliki keteraturan kristal yang lebih baik dibandingkan dengan Sampel 1 dan Sampel 2. Untuk Sampel 1 diperoleh nilai parameter kisi $a = 6,269 \text{ \AA}$, untuk Sampel 2 diperoleh nilai parameter kisi $a = 6,289 \text{ \AA}$ dan untuk Sampel 3 diperoleh nilai parameter kisi $a = 6,269 \text{ \AA}$. Hal ini menunjukkan bahwa lamanya waktu

pemanasan dapat memengaruhi nilai parameter kisi.

Hasil karakterisasi SEM menunjukkan bahwa ingot Sn(S_{0,4}Te_{0,6}) yang terbentuk dengan ditandai adanya pola *grain* yang teratur. Hal ini menunjukkan keadaan kristal yang sudah tercampur. Sedangkan hasil karakterisasi EDAX menunjukkan bahwa komposisi kimia ingot Sn(S_{0,4}Te_{0,6}), yaitu Sn = 50,86%, S = 11,94% dan Te = 37,19% dengan perbandingan mol Sn : S : Te adalah 1 : 0,2 : 0,7.

Saran

Sebaiknya dilakukan penelitian lebih lanjut tentang bahan Sn(S_{0,4}Te_{0,6}), terutama pada morfologi permukaan *massif* Sn(S_{0,4}Te_{0,6}) dikarenakan pada penelitian ini hasil foto SEM masih kurang begitu baik. Dan juga dilakukan penelitian yang lebih lanjut tentang Sn(S_{0,4}Te_{0,6}) *massif* dengan variasi alur yang berbeda dan waktu yang lebih bervariasi dengan mempertimbangkan efek gap titik lebur yang besar agar diperoleh informasi yang lebih banyak.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariswan. 2015. *Fisika Semikonduktor*. Handout Kuliah, tidak diterbitkan. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.

Jammaludin. 2010. *XRD (X-Ray Diffraction)*. Kendari: Universitas Haluoleo.

<https://id.wikipedia.org/wiki/Tellurium>
(diakses pada tanggal 21 April 2016).

Reka Rio S. & Masamori Lida. 1982. *Fisika dan Teknologi Semikonduktor*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.

<https://id.wikipedia.org/wiki/Timah>(diakses pada tanggal 21 April 2016).

<https://id.wikipedia.org/wiki/Belerang>(diakses pada tanggal 21 April 2016).

http://www.webelements.com/compounds/tin/tin_sulphide.html(diakses pada tanggal 21 April 2016).