

STRUKTUR DAN KOMPOSISI KIMIA LAPISAN TIPIS $\text{Sn}(\text{S}_{0,4}\text{Te}_{0,6})$ HASIL PREPARASI DENGAN TEKNIK EVAPORASI VAKUM

STRUCTURE AND CHEMICAL COMPOSITION OF $\text{Sn}(\text{S}_{0,4}\text{Te}_{0,6})$ THIN FILMS PREPARATION RESULT BY VACUUM EVAPORATION TECHNIC

Eka Wulandari dan Dr. Ariswan

Prodi Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Yogyakarta

ekawln1907@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menumbuhkan lapisan tipis $\text{Sn}(\text{S}_{0,4}\text{Te}_{0,6})$ sebagai bahan semikonduktor dengan teknik evaporasi vakum. Peneliti dapat mengetahui pengaruh variasi *spacer* terhadap kualitas lapisan tipis dan juga mengetahui struktur kristal, parameter kisi, morfologi permukaan, dan komposisi kimia lapisan tipis. Proses preparasi lapisan tipis $\text{Sn}(\text{S}_{0,4}\text{Te}_{0,6})$ dilakukan dengan menggunakan teknik evaporasi vakum yang bekerja pada tekanan sekitar $\sim 10^{-5}$ mbar dengan melakukan variasi jarak antara sumber dengan substrat atau variasi *spacer*. *Spacer* divariasikan sebanyak 3 kali, yaitu 10 cm, 15 cm, dan 25 cm. Setelah didapatkan sampel lapisan tipis yang diinginkan, kemudian sampel dikarakterisasi dengan menggunakan XRD (*X-Ray Diffraction*) untuk mengetahui struktur kristal, SEM (*Scanning Electron Microscopy*) untuk mengetahui morfologi permukaan, dan EDAX (*Energy Dispersive Analysis X-Ray*) untuk mengetahui komposisi kimia. Hasil karakterisasi XRD menunjukkan bahwa lapisan tipis $\text{Sn}(\text{S}_{0,4}\text{Te}_{0,6})$ dari ketiga sampel memiliki struktur kristal *kubik*, dengan nilai parameter kisi sampel 1 (*spacer* 10 cm): $a = 6,011 \text{ \AA}$; sampel 2 (*spacer* 15 cm): $a = 6,048 \text{ \AA}$; sampel 3 (*spacer* 25 cm): $a = 6,363 \text{ \AA}$. Pemberian variasi *spacer* menyebabkan perbedaan kualitas pada sampel 1, 2, dan 3 yang ditandai dengan adanya perbedaan intensitas spektrum. Hasil karakterisasi SEM pada kristal $\text{Sn}(\text{S}_{0,4}\text{Te}_{0,6})$ menunjukkan bahwa morfologi permukaan sampel berupa butiran/grain dengan ukuran $\sim 0,2 \mu\text{m}$ dan bersifat homogen. Hasil analisis EDAX lapisan tipis $\text{Sn}(\text{S}_{0,4}\text{Te}_{0,6})$ mengandung unsur Sn = 54,54 %, S = 11,01 %, Te = 34,46 % dan perbandingan molaritas Sn:S:Te adalah 1,00:0,20:0,63.

Kata Kunci: teknik evaporasi vakum, lapisan tipis, semikonduktor $\text{Sn}(\text{S}_{0,4}\text{Te}_{0,6})$.

Abstract

*This research aims to grow a thin film $\text{Sn}(\text{S}_{0,4}\text{Te}_{0,6})$ as a semiconductor material by vacuum evaporation technic. Researcher can understand the effect of variation spacers to the quality of thin film and also understand crystal structure, lattice parameter, surface morphology, and chemical composition of thin film. The process of preparation of a thin film $\text{Sn}(\text{S}_{0,4}\text{Te}_{0,6})$ was performed using vacuum evaporation technic that works at a pressure of about $\sim 10^{-5}$ mbar by distance variation between the source of the substrate or variations spacer. Spacer was varied for 3 times, i.e 10 cm, 15 cm, and 25 cm. Having obtained a thin layer of the desired sample, then the samples were characterized by using XRD (*X-Ray Diffraction*) to determine the crystal structure, SEM (*Scanning Electron Microscopy*) to determine the surface morphology, and EDAX (*Edax Dispersive X-Ray Analysis*) to determine the chemical composition. XRD characterization results showed that a thin film $\text{Sn}(\text{S}_{0,4}\text{Te}_{0,6})$ of all samples have cubic crystal structure, the lattice parameter values of samples 1 (spacers 10 cm): $a = 6,011 \text{ \AA}$; samples 2 (spacers 15 cm): $a = 6,048 \text{ \AA}$; samples 3 (spacers 25 cm): $a = 6,363 \text{ \AA}$. The spacer variation causes the difference in thin film quality, marked by the difference of spectrum intensity between sample 1, 2, and 3. SEM characterization results on the crystal $\text{Sn}(\text{S}_{0,4}\text{Te}_{0,6})$ showed that the morphology of the sample surface in the form of grains with a size of $\sim 0,2 \mu\text{m}$ and homogeneous. The results of EDAX analysis of thin film $\text{Sn}(\text{S}_{0,4}\text{Te}_{0,6})$ contains elements of Sn, S, and Te with the chemical composition percentage is Sn = 54,54 %, S = 11,01 %, Te = 34,46 % and the molarity comparison of Sn:S:Te adalah 1,00:0,20:0,63.*

Keywords: vacuum evaporation technic, thin film, semiconductor $\text{Sn}(\text{S}_{0,4}\text{Te}_{0,6})$.

I. PENDAHULUAN

Sampai saat ini kemampuan untuk mengembangkan teknologi dalam bidang material sangat pesat. Kemajuan yang sangat cepat terjadi setelah ditemukannya beberapa komponen semikonduktor yang memberikan sifat fisis yang unik [3]. Bahan semikonduktor yang pertama kali dieksplorasi adalah germanium dan yang banyak diteliti sampai saat ini untuk bahan baku pembuatan divais elektronik maupun optoelektronik adalah silikon. Dengan pertimbangan bahwa bahan tersebut sangat mudah ditemui dan harga relatif murah. Kedua bahan tersebut merupakan contoh bahan semikonduktor dari golongan IV. Selain itu juga terdapat material lainnya yang dipelajari dan diteliti seperti perpaduan material dari golongan II-VI atau III-V baik binary (paduan dua unsur) maupun ternary (paduan tiga unsur) [5]. Material-material paduan tersebut masing-masing memiliki ciri khas dan keunikan tersendiri baik dari sifat listrik maupun sifat optiknya yang diaplikasinya dapat disesuaikan dengan karakteristik fisisnya masing-masing.

Dalam penelitian ini bahan semikonduktor yang dikembangkan adalah unsur SnS dan SnTe. Kedua unsur bahan semikonduktor tersebut sama-sama memiliki semikonduktor tipe-p. *Tin Sulfide* (SnS) dan *Tin Telluride* (SnTe) merupakan perpaduan unsur golongan IV (Sn) dengan golongan VI (S dan Te). Unsur SnS memiliki rentang celah energi atau energi gap sekitar 1,2-1,5 eV [1]. Sedangkan SnTe memiliki energi gap sebesar 0,35 eV. SnTe ini telah diaplikasikan dalam deteksi inframerah dengan

panjang gelombang (3-14) μm , detector foto, dan bahan pembuat lapisan tipis fotovoltaiik [4].

Penelitian mengenai Sn(S Te) ini sangat menarik untuk diteliti. Sehingga penelitian ini melatarbelakangi dilakukannya penumbuhan kristal lapisan tipis bahan Sn(S Te) dengan variasi molaritas Sn(S_{0,4}Te_{0,6}) yang difokuskan pada jarak antara sumber atau substrat dengan menggunakan penyangga (*spacer*).

Untuk mendapatkan hasil lapisan tipis yang baik, perlu adanya proses penumbuhan atau preparasi yang disebut dengan fabrikasi lapisan tipis [2]. Salah satu teknik penumbuhan lapisan tipis yang dilakukan adalah dengan teknik evaporasi vakum. Teknik ini memiliki kelebihan antara lain hasil preparasi yang dihasilkan lebih baik dan merata pada permukaan substrat dan hasil preparasi lebih tipis. Teknik ini dapat menghasilkan bentuk stabilisasi struktur bahan yang tetap, tekanan penguapan bahan tidak terlalu rendah sehingga dapat terjangkau dalam skala laboratorium. Suhu substrat saat vakum berfungsi untuk meregangkan susunan atom-atom, sehingga atom-atom yang menguap dari target akan lebih mudah masuk dan menempati posisi kekosongan pada batas butir untuk membentuk lapisan. Semakin tinggi suhu substrat saat vakum, maka susunan atom-atom akan semakin lebar yang menyebabkan atom-atom menguap akan mengisi diantara atom kristal lebih tinggi [2].

Pada penelitian ini, dilakukan pembuatan lapisan tipis Sn(S_{0,4}Te_{0,6}) dengan menggunakan teknik evaporasi vakum. Parameter yang divariasi adalah jarak antara sumber atau bahan dengan substrat menggunakan penyangga

(*spacer*). Hal ini dilakukan karena belum diketahuinya jarak yang tepat untuk digunakan agar memperoleh lapisan tipis $\text{Sn}(\text{S}_{0,4}\text{Te}_{0,6})$ yang baik. Sehingga, lapisan tipis $\text{Sn}(\text{S}_{0,4}\text{Te}_{0,6})$ dibuat dengan melibatkan variabel-variabel seperti berpengaruhnya tekanan, suhu substrat, dan suhu sumber.

Setelah lapisan tipis telah terbentuk, untuk mengetahui bahan hasil preparasi, maka dilakukan karakterisasi menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD), *Scanning Electron Microscopy* (SEM), dan *Energy Dispersive Analysis X-Ray* (EDAX). XRD digunakan untuk mengetahui struktur kristal lapisan tipis. Untuk menentukan morfologi permukaan lapisan tipis dilakukan karakterisasi menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscopy*). Sedangkan untuk menentukan komposisi kimia lapisan tipis, digunakan EDAX untuk mengkarakterisasi lapisan tipis.

Dari hasil karakterisasi yang dilakukan, dapat diketahui pengaruh variasi penyangga atau jarak antara sumber bahan dengan substrat terhadap kualitas penumbuhan lapisan tipis $\text{Sn}(\text{S}_{0,4}\text{Te}_{0,6})$ yang terbentuk. Dapat pula diketahui struktur, morfologi, dan komposisi kimia dari lapisan tipis $\text{Sn}(\text{S}_{0,4}\text{Te}_{0,6})$.

II. METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari sampai Mei 2016 di Laboratorium Fisika Material FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta, Laboratorium Kimia Organik FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta, serta

B. Langkah Penelitian

Penelitian ini meliputi 2 tahap, yaitu tahap preparasi dan tahap karakterisasi. Tahap preparasi merupakan tahap penumbuhan lapisan tipis $\text{Sn}(\text{S}_{0,4}\text{Te}_{0,6})$ menggunakan teknik evaporasi vakum yang bekerja pada tekanan (5×10^{-5}) mbar dan dilakukan variasi jarak antara sumber dengan substrat sebanyak 3 kali, yaitu 10 cm, 15 cm, dan 25 cm. Bahan pada cawan (*crucible*) dipanaskan sehingga terdeposisi pada substrat kaca dan membentuk lapisan tipis.

Tahap karakterisasi dilakukan melalui tiga langkah yaitu untuk mengetahui struktur kristal dengan *X-Ray Diffraction* (XRD), morfologi permukaan dengan *Scanning Electron Microscopy* (SEM), dan komposisi kimia dengan *Energy Dispersive Analysis X-Ray* (EDAX).

C. Teknik Analisis Data

Hasil XRD berupa difraktogram yang menyatakan hubungan antara intensitas dengan sudut difraksi 2θ . Hasil tersebut kemudian dibandingkan dengan data standar JCPDS (*Joint Committee on Powder Diffraction Standards*), sehingga diperoleh bidang-bidang hkl dari sampel. Untuk mengetahui nilai parameter kisi a yang terbentuk dapat dilakukan dengan metode Analitik. Hasil dari XRD berupa sampel 1 dengan *spacer* 10 cm, sampel 2 dengan *spacer* 15 cm, dan sampel 3 dengan *spacer* 25 cm.

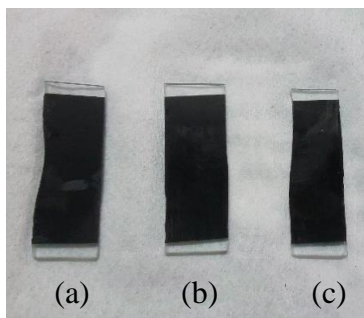
Kemudian dikarakterisasi menggunakan SEM. Hasil SEM berupa citra/foto morfologi

permukaan. Selanjutnya menggunakan EDAX dengan hasil EDAX berupa spektrum intensitas terhadap energi yang memuat informasi komposisi kimia dari sampe.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Preparasi Lapisan Tipis $\text{Sn}(\text{S}_{0,4}\text{Te}_{0,6})$

Hasil preparasi pada penelitian ini menghasilkan tiga buah sampel lapisan tipis $\text{Sn}(\text{S}_{0,4}\text{Te}_{0,6})$ dengan teknik evaporasi vakum. Gambar 1 adalah hasil preparasi lapisan tipis. Preparasi dilakukan dengan variasi *spacer* yang berbeda-beda, yaitu 10 cm, 15 cm, dan 25 cm.



Gambar 1. Hasil Preparasi Lapisan Tipis
(a) Sampel 1 dengan *Spacer* 10 cm, (b) Sampel 2 dengan *Spacer* 15 cm, (c) Sampel 3 dengan *Spacer* 25 cm

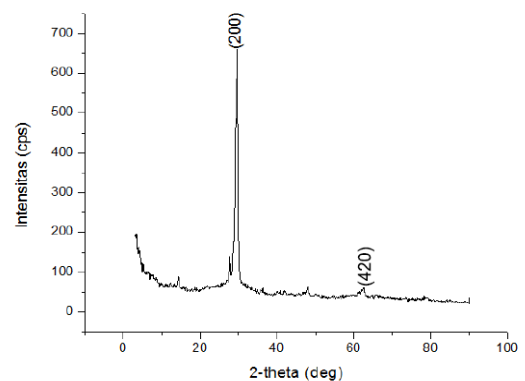
B. Karakterisasi Bahan $\text{Sn}(\text{S}_{0,4}\text{Te}_{0,6})$

1. Struktur Kristal dan Parameter Kisi Hasil XRD

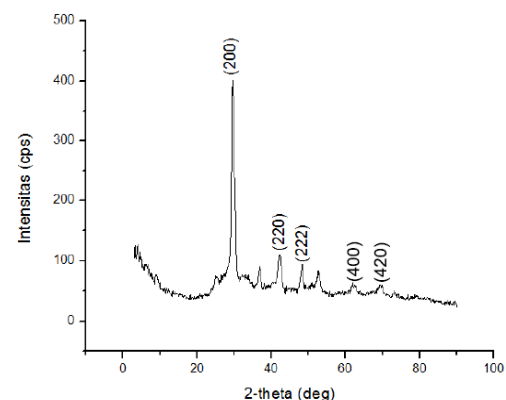
Data yang dihasilkan dari XRD yaitu berupa *difraktogram* yang merupakan grafik hubungan antara intensitas (I) puncak spektrum dengan sudut hamburan (2θ). Di mana sumbu horizontal adalah sudut 2θ , sedangkan untuk sumbu vertikal yaitu intensitas XRD. Intensitas merupakan jumlah cacah yang terbaca oleh *count detector*.

Difraktogram pada XRD kemudian dicocokkan dengan difraktogram data

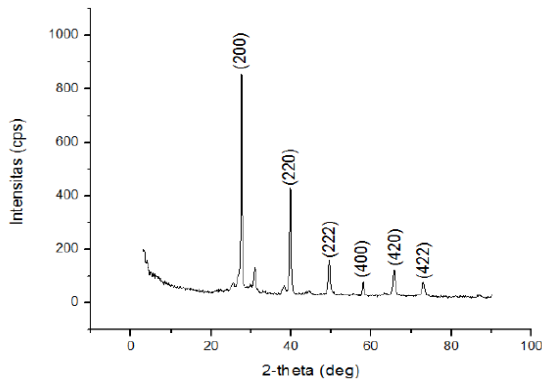
standar. Data standar diperoleh dari *database* JCPDS. Setelah dilakukan pencocokkan, diperoleh data yang paling cocok dengan sampel yaitu JCPDS nomor 46-1210. Data menunjukkan bahwa sampel $\text{Sn}(\text{S}_{0,4}\text{Te}_{0,6})$ berada pada grup ruang (*space grup*) FM3M dan mempunyai struktur kubik. Seperti ditunjukkan pada Gambar 2 adalah difraktogram lapisan tipis $\text{Sn}(\text{S}_{0,4}\text{Te}_{0,6})$ sampel 1 dengan jarak *spacer* 10 cm, Gambar 3 adalah difraktogram lapisan tipis $\text{Sn}(\text{S}_{0,4}\text{Te}_{0,6})$ sampel 2 dengan jarak *spacer* 15 cm, dan Gambar 4 adalah difraktogram lapisan tipis $\text{Sn}(\text{S}_{0,4}\text{Te}_{0,6})$ sampel 3 dengan jarak *spacer* 25 cm.



Gambar 2. Difraktogram Lapisan Tipis $\text{Sn}(\text{S}_{0,4}\text{Te}_{0,6})$ dengan Jarak *Spacer* 10 cm



Gambar 3. Difraktogram Lapisan Tipis $\text{Sn}(\text{S}_{0,4}\text{Te}_{0,6})$ dengan Jarak *Spacer* 15 cm



Gambar 4. Difraktogram Lapisan Tipis Sn(S_{0,4}Te_{0,6}) dengan Jarak *Spacer* 25 cm

Analisis Parameter Kisi

Penentuan parameter kisi Sn(S_{0,4}Te_{0,6}) dengan metode Analitik menggunakan persamaan 1 untuk perhitungan mencari parameter kisi *a* sebagai berikut.

$$a = \frac{\lambda}{2\sqrt{A}} \tag{1}$$

Setelah didapatkan nilai parameter kisi hasil perhitungan, kemudian dibandingkan dengan menggunakan JCPDS SnTe. Tabel 1 adalah parameter kisi Sn(S_{0,4}Te_{0,6}) sampel 1 untuk *spacer* 10 cm, sampel 2 untuk *spacer* 15 cm, dan sampel 3 untuk *spacer* 25 cm dengan data JCPDS SnTe.

Tabel 1. Parameter Kisi Sn(S_{0,4}Te_{0,6}) untuk Sampel 1 untuk *Spacer* 10 cm, Sampel 2 untuk *Spacer* 15 cm, Sampel 3 untuk *Spacer* 25 cmdengan Data JCPDS SnTe

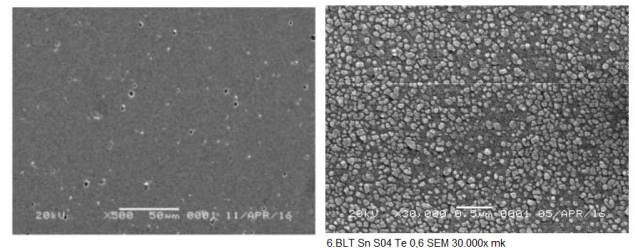
Sampel	Parameter Kisi <i>a</i> (Å)	
	Hasil XRD	JCPDS SnTe
1	6,011	6,327
2	6,048	
3	6,363	

Dari Tabel 1 di atas, dapat diketahui bahwa nilai parameter kisi ketiga sampel tidak terlalu

jauh selisih perbedaannya. Hal ini menunjukkan bahwa perbedaan *spacer* atau jarak sumber pada substrat saat terdeposisi lapisan tipis tidak mempengaruhi nilai parameter kisi lapisan tipis Sn(S_{0,4}Te_{0,6}) yang terbentuk. Tetapi terdapat perbedaan pada puncak intensitas ketiga sampel tersebut yang menunjukkan bahwa variasi *spacer* menyebabkan kualitas sampel yang terbentuk. Sehingga dapat disimpulkan bahwa lapisan tipis Sn(S_{0,4}Te_{0,6}) pada sampel 3 dengan *spacer* atau jarak sumber pada substrat 25 cm memiliki susunan atom yang lebih teratur dibandingkan sampel 1 dan sampel 2. Adapun puncak intensitas yang memiliki hasil berbeda-beda dari XRD menunjukkan banyaknya berkas sinar-x yang mengalami interferensi konstruktif yang berarti pada bahan tersebut atom-atom menempati posisinya dengan teratur.

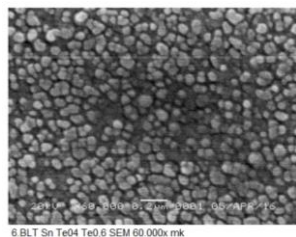
2. Morfologi Permukaan Hasil SEM

Hasil karakterisasi SEM menghasilkan citra/foto yang menunjukkan morfologi permukaan lapisan tipis Sn(S_{0,4}Te_{0,6}) yang terbentuk. Gambar 5 adalah foto morfologi lapisan tipis Sn(S_{0,4}Te_{0,6}) sampel 3 untuk *spacer* 25 cm hasil SEM dengan perbesaran 500x, 30.000x, dan 60.000x.



(a)

(b)



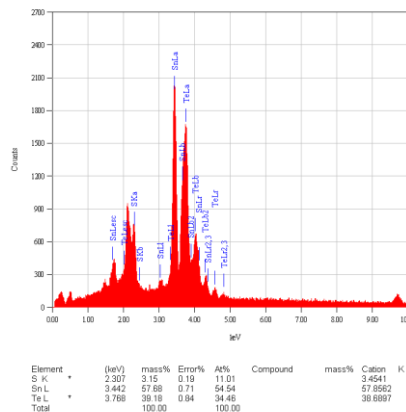
(c)

Gambar 5. Foto Morfologi Lapisan Tipis Sn(S_{0,4}Te_{0,6}) Sampel 3 dengan *Spacer* 25 cm Hasil SEM dengan Perbesaran (a) 500 x, (b) 30.000 x, dan (c) 60.000 x

Untuk Gambar 5, pada perbesaran 30.000x dan 60.000x sudah terlihat jelas kristal pada permukaannya. Semakin diperbesar ukuran foto, maka semakin tampak butiran kristal yang terdapat pada lapisan Sn(S_{0,4}Te_{0,6}) yang terbentuk sehingga dapat diketahui ukuran *grain* butiran sekitar 0,2 μm. Ruang yang terlihat pada gambar merupakan celah antar partikel. Adanya celah ini dapat mengakibatkan terjadinya oksidasi. Hasil karakterisasi dengan menggunakan SEM menunjukkan homogenitas bahan yang ditandai dengan warna yang tampak seragam pada permukaan bahan.

3. Komposisi Kimia Hasil EDAX

Hasil karakterisasi dengan menggunakan EDAX berupa spektrum yang menunjukkan hubungan antara energi dengan intensitas yang menyatakan hasil spektrum energi sinar-x karakteristik dari bahan yang dikarakterisasi. Gambar 6 adalah hasil karakterisasi EDAX pada perbesaran 500x sebelum dimurnikan untuk sampel 3 untuk jarak *spacer* 25 cm.



Gambar 6. Hasil Karakterisasi EDAX pada Perbesaran 500x Sebelum Dimurnikan

Dari hasil karakterisasi EDAX untuk sampel 3, dapat diketahui perbandingan presentase komposisi kimia untuk bahan dasarnya seperti Tabel 2 yang menunjukkan perbandingan molaritas unsur pada sampel 3 dengan *spacer* 25 cm pada lapisan tipis Sn(S_{0,4}Te_{0,6}) adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Perbandingan Molaritas Unsur Sn, S, dan Te pada Lapisan Tipis Kristal Semikonduktor Sn(S_{0,4}Te_{0,6}) dari Hasil Karakterisasi EDAX dengan Hasil Secara Teori

Unsur	Konsentrasi (%)	Hasil dari EDAX	Hasil Secara Teori
Sn	54,54	1,00	1,0
S	11,01	0,20	0,4
Te	34,46	0,63	0,6

Berdasarkan Tabel 2, perbandingan molaritas untuk Sn(S_{0,4}Te_{0,6}) dari hasil EDAX adalah 1,00 : 0,20 : 0,63; sedangkan perbandingan molaritas secara teori ada 1,0 : 0,4 : 0,6. Hasil karakterisasi EDAX menunjukkan bahwa komposisi lapisan tipis Sn(S_{0,4}Te_{0,6}) yang terbentuk tidak sama dengan secara teoritis. Hal ini menandakan bahwa bahan sangat *non stoichiometric*. *Non stoichiometric* adalah reaksi yang apabila reaktannya tidak habis dalam reaktan tersebut, melainkan masih bersisa. Penyebab

dari terjadinya *non stoichiometric* belum diketahui penyebabnya. Namun, beberapa dugaan perbedaan atau selisih yang dihasilkan pada hasil karakterisasi EDAX disebabkan karena bahan tidak menempel sempurna pada substrat. Uap yang bergerak ke atas tidak sampai menempel ke substrat, atau uap memiliki kecepatan yang tinggi dan akhirnya terpental dari substrat dan tidak dapat menempel sempurna pada substrat.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Setelah dilakukan penelitian, dapat diambil kesimpulan bahwa lapisan tipis $\text{Sn}(\text{S}_{0,4}\text{Te}_{0,6})$ mempunyai struktur kubik dengan nilai parameter kisi: sampel 1 (*spacer* 10 cm): $a = 6,011 \text{ \AA}$; sampel 2 (*spacer* 15 cm): $a = 6,048 \text{ \AA}$; sampel 3 (*spacer* 25 cm): $a = 6,363 \text{ \AA}$. Variasi *spacer* berpengaruh terhadap hasil preparasi lapisan tipis $\text{Sn}(\text{S}_{0,4}\text{Te}_{0,6})$ di mana semakin jauh jarak antara sumber dengan substrat akan dihasilkan lapisan tipis yang semakin baik. Hasil SEM menunjukkan lapisan tipis $\text{Sn}(\text{S}_{0,4}\text{Te}_{0,6})$ mempunyai morfologi permukaan yang tersusun atas butiran-butiran atau *grain* dengan diameter sekitar $0,2 \mu\text{m}$ dan bersifat homogen. Lapisan tipis $\text{Sn}(\text{S}_{0,4}\text{Te}_{0,6})$ mengandung unsur Sn (*Stannum/Tin*), S (*Sulfur*), dan Te (*Tellurium*) dengan presentase komposisi kimia adalah Sn = 54,54%; S = 11,01%; dan Te = 34,46%; dan untuk perbandingan molaritas Sn : S : Te adalah 1,00 : 0,20 :

Struktur dan Komposisi (Eka Wulandari) 7
0,63; sedangkan perbandingan secara teoritis adalah 1 : 0,4 : 0,6.

B. Saran

Pemvakuman dilakukan sampai tekanan lebih rendah lagi untuk meminimalisasi adanya oksidasi pada saat preparasi. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai struktur kristal lapisan tipis $\text{Sn}(\text{S}_{0,4}\text{Te}_{0,6})$ pada substrat kaca, seperti pemanasan energi gap, efek hall, resistivitas, dan lain-lain agar memperoleh informasi yang lebih banyak tentang bahan lapisan tipis.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kafsah, Hosain. (2016). *Nanostructured $\text{SnS}_{1-x}\text{Te}_x$ Thin Films: Effects of Te Concentration Physical Properties*. Jurnal of Alloys and Compounds.
- [2] Ohring, Milton. (2002). *Materials Science of Thin Film Deposition and Structure 2nd Edition*. San Diego: Academic Press.
- [3] Rio, Reka. (1982). *Fisika dan Teknologi Semikonduktor*. Jakarta: Departemen Pradnya Paramita.
- [4] Saini, R.et.al. (2010). *Structural and Electrical Characterization Sinters SnTe Films*. Jurnal, Departemen of Physics.
- [5] Sujatno, Agus. (2015). *Studi Scanning Electron Microscope (SEM) untuk Karakterisasi Proses Oksidasi Paduan Zirkobium*. Serpoong: PSTBM-BATAN

Yogyakarta, Oktober 2016

Mengetahui,

Reviewer

Pembimbing



Dr. Heru Kuswanto
NIP. 19611112 198702 1 001



Dr. Ariswan
NIP. 19590914 198803 1 003