

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

STUDY ON THE STRUCTURE AND CHEMICAL COMPOSITION OF $\text{Sn}(\text{S}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$ THIN FILMS PREPARATION RESULTS BY VACUUM EVAPORATION TECHNIQUE FOR SOLAR CELL APPLICATION

Oleh: Mahmudah Setianingrum¹⁾, Dr. Ariswan²⁾

Mahasiswa Program Studi Fisika, Fakultas MIPA Universitas Negeri Yogyakarta¹⁾,

Dosen Program Studi Fisika, Fakultas MIPA Universitas Negeri Yogyakarta²⁾

mahmudah.setianingrum@gmail.com¹⁾, ariswan@uny.ac.id²⁾

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh temperatur substrat terhadap kualitas lapisan tipis, mengetahui struktur dan parameter kisi, dan mengetahui morfologi permukaan, serta komposisi kimia lapisan tipis $\text{Sn}(\text{S}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$ yang dipreparasi menggunakan teknik evaporasi vakum. Preparasi dilakukan pada tekanan 7×10^{-5} mbar dengan 3 variasi temperatur substrat, yaitu 250°C, 300°C dan 350°C. Karakterisasi XRD menunjukkan bahwa lapisan tipis $\text{Sn}(\text{S}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$ memiliki struktur kristal *orthorombik*. Nilai parameter kisi sampel 1 (temperatur substrat 250°C) adalah $a = 4,30 \text{ \AA}$, $b = 10,4 \text{ \AA}$ dan $c = 4,01 \text{ \AA}$, sampel 2 (temperatur substrat 300°C) adalah $a = 4,29 \text{ \AA}$, $b = 11,9 \text{ \AA}$ dan $c = 4,19 \text{ \AA}$ dan sampel 3 (temperatur substrat 350°C) adalah $a = 4,23 \text{ \AA}$, $b = 11,19 \text{ \AA}$ dan $c = 4,03 \text{ \AA}$. Hasil difraktogram menunjukkan bahwa variasi temperatur substrat menyebabkan adanya perbedaan intensitas puncak yang menyatakan keteraturan susunan atom-atom penyusun lapisan tipis. Karakterisasi SEM menunjukkan permukaan dari lapisan tipis $\text{Sn}(\text{S}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$ memiliki butiran (*grain*) yang berbentuk lonjong dan permukaan yang homogen terlihat dari bentuk dan warna kristal yang seragam serta memiliki ukuran rata-rata partikel, yaitu $0,074 \mu\text{m}$. Karakterisasi EDS, pada lapisan tipis $\text{Sn}(\text{S}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$ memiliki perbandingan persentase komposisi kimia bahan dasarnya, yaitu unsur Sn = 51,87%, S = 28,41%, Te = 19,72%. Perbandingan molaritas semikonduktor Sn : S : Te yaitu 1 : 0,55 : 0,38.

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

Abstract

The research aimed to grow $\text{Sn}(\text{S}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$ thin films by vacuum evaporation technique at substrate temperature variations, to know characterization of $\text{Sn}(\text{S}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$ thin films as semiconductor materials that included characterization of the crystal structure, surface morphology, and chemical composition. The preparation were performed on 7×10^{-5} mbar pressure with substrate temperature variations (250°C, 300°C and 350°C). The result of XRD characterization showed that $\text{Sn}(\text{S}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$ thin films which is shaped orthorhombic crystal structure. Lattice parameter of sample 1 (250°C substrate temperature) is $a = 4,30 \text{ \AA}$, $b = 10,4 \text{ \AA}$ and $c = 4,01 \text{ \AA}$, sample 2 (300°C substrate temperature) $a = 4,29 \text{ \AA}$, $b = 11,9 \text{ \AA}$ and $c = 4,19 \text{ \AA}$ and sample 3 (350°C substrate temperature) were $a = 4,23 \text{ \AA}$, $b = 11,19 \text{ \AA}$ and $c = 4,03 \text{ \AA}$. The result of diffractograms showed that the substrate temperature variations caused the diversification of peak spectrum intensities which showed the regularity of atoms. The results of SEM characterization showed that the surface morphology of $\text{Sn}(\text{S}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$ thin films consisted of oval grains with homogeneous structure marked by the uniformity of shape and colour with about $0,074 \mu\text{m}$ particle size. The result of EDS characterization, contained elements of Sn, S, and Te with the chemical composition percentages were Sn = 51,87%, S = 28,41% and Te = 19,72%. So, the molarity comparisons of Sn : S : Te was 1 : 0,55 : 0,38.

Keywords: Sn(S_{0,6}Te_{0,4}) thin films, semiconductor, vacuum evaporation

PENDAHULUAN

Pada era globalisasi saat ini, hampir seluruh penduduk di dunia menggunakan teknologi untuk memenuhi kebutuhan hidup. Perkembangan teknologi yang pesat dari tahun ke tahun menyebabkan kebutuhan sumber energi semakin meningkat. Salah satunya, kebutuhan energi listrik. Pemanfaatan energi listrik tidak diimbangi dengan jumlah bahan bakar fosil sebagai bahan utama energi listrik. Krisis energi tersebut membuat manusia berusaha mencari energi alternatif yang bersifat terbarukan dan memberi dampak minimal pada lingkungan seperti energi matahari, energi air, dan energi angin.

Salah satu alternatif dikembangkan saat ini adalah teknologi sel surya. Teknologi sel surya (*photovoltaic*) merupakan suatu teknologi untuk mengkonversikan secara langsung sinar matahari yang melimpah menjadi energi listrik dengan menggunakan piranti semikonduktor yang mempunyai sambungan p-n (*p-n junction*). Saat ini telah dikembangkan jenis sel surya berbahan lapisan tipis (*thin film*). Keunggulan sel surya berbahan lapisan tipis terletak pada dimensi yang jauh lebih tipis dan lebih ringan dibandingkan dengan sel surya silikon yang padat dan berat. Jenis material yang banyak dikembangkan yaitu material CuInGaSe₂ (*Copper Indium-Galium Diselenide*) dan CdTe (*Cadmium Telluride*). Material tersebut memiliki efisiensi 15%, lebih sedikit dari sel surya jenis silikon yang memiliki efisiensi 20% (Mathias: 2013).

Pada penelitian ini bahan semikonduktor yang digunakan yaitu Sn(S_xTe_{1-x}). Bahan ini merupakan paduan dari SnS dan SnTe. Berdasarkan L.L Cheng (2012: 7), bahan SnS memiliki energi gap sebesar 1,5 eV. Sedangkan bahan paduan SnTe memiliki energi gap sekitar 0,35 eV (Saini, 2010: 5). Pada penelitian ini, bahan yang diteliti adalah Sn(S_{0,6}Te_{0,4}) dengan perbandingan mol Sn : S :

Te yaitu 1 : 0,6 : 0,4. Pemberian *doping Tellurium* (Te) pada SnS dilakukan karena unsur *Sulfur* (S) dan *Tellurium* (Te) berada pada kolom periodik yang sama dan diharapkan dapat menurunkan energi gap dari bahan SnS. Bahan semikonduktor Sn(S_{0,6}Te_{0,4}) diharapkan dapat menghasilkan energi gap pada rentang 0,35 eV - 1,5 eV dan dapat diaplikasikan sebagai sel surya.

Penelitian ini menggunakan metode teknik evaporasi vakum. Teknik evaporasi vakum merupakan salah satu metode yang digunakan untuk memperoleh lapisan tipis dengan penguapan bahan pada ruang vakum. Kelebihan dari teknik ini yaitu hasil preparasi yang dihasilkan lebih baik dan merata pada permukaan substrat sehingga hasil preparasi lebih tipis. Hasil preparasi lapisan tipis dengan teknik evaporasi vakum dapat dipengaruhi oleh beberapa parameter yaitu tekanan pada saat pemvakuman, massa bahan, temperatur substrat, dan *spacer* (jarak material sumber dengan substrat). Semakin rendah tekanan pada saat pemvakuman maka lapisan tipis yang dihasilkan akan semakin baik.

Parameter yang akan divariasikan dalam penelitian ini yaitu temperatur substrat. Temperatur substrat saat proses evaporasi berperan dalam mereganggangkan susunan atom sehingga atom-atom yang menguap dari target lebih mudah masuk dan menempati posisi intersisi atau kekosongan pada batas butir untuk membentuk lapisan (Van Vlack, 2004). Hal ini akan menyebabkan atom-atom semakin kuat menempel pada substrat. Oleh karena belum diketahuinya temperatur substrat agar menghasilkan lapisan tipis yang baik, maka perlu diteliti pengaruh temperatur substrat terhadap kualitas lapisan tipis Sn(S_{0,6}Te_{0,4}) untuk mendapatkan kualitas lapisan tipis yang baik.

Untuk mengetahui karakteristik lapisan tipis yang terbentuk, maka perlu dilakukan karakterisasi menggunakan *X-Ray Diffraction*

(XRD) untuk mengetahui struktur kristal dan parameter kisi, *Scanning Electron Microscopy* (SEM) untuk mengetahui morfologi permukaan dan ukuran partikel, dan *Energy Dispersive Spectroscopy* (EDS) untuk mengetahui komposisi kimia bahan secara kuantitatif.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada Januari sampai Mei 2016 di Laboratorium Fisika Material UNY, Laboratorium Kimia Organik FMIPA UNY, dan Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu (LPPT) Universitas Gadjah Mada.

Langkah Penelitian

Penelitian ini meliputi 2 tahap, yaitu tahap preparasi dan tahap karakterisasi. Tahap preparasi merupakan tahap penumbuhan lapisan tipis $\text{Sn}(\text{S}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$ menggunakan teknik evaporasi vakum yang bekerja pada tekanan (7×10^{-5}) mbar dengan jarak *spacer* adalah 15 cm. Parameter yang divariasikan adalah temperatur substrat sebanyak 3 kali, yaitu 250°C, 300°C dan 350°C. Bahan pada cawan (*crucible*) dipanaskan sehingga terdeposisi pada substrat kaca dan membentuk lapisan tipis. Tahap karakterisasi dilakukan untuk mengetahui struktur kristal dengan XRD, morfologi permukaan dan ukuran partikel dengan SEM, dan komposisi kimia dengan EDS.

Teknik Analisis Data

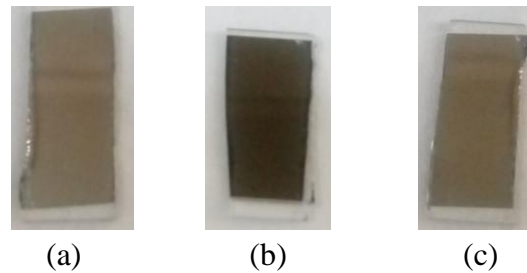
Hasil XRD berupa difraktogram. Lalu dilakukan pencocokan data penelitian dengan data standar (JCPDS) sehingga diperoleh struktur kristal. Parameter kisi kristal dianalisis dengan metode Analitik. Hasil SEM berupa foto yang memuat informasi ukuran butiran (*grain*), homogenitas permukaan. Ukuran partikel dapat dianalisis menggunakan aplikasi *Paint*, *Excel* dan *Origin*. Hasil EDS berupa

spektrum intensitas terhadap energi yang memuat informasi komposisi kimia sampel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

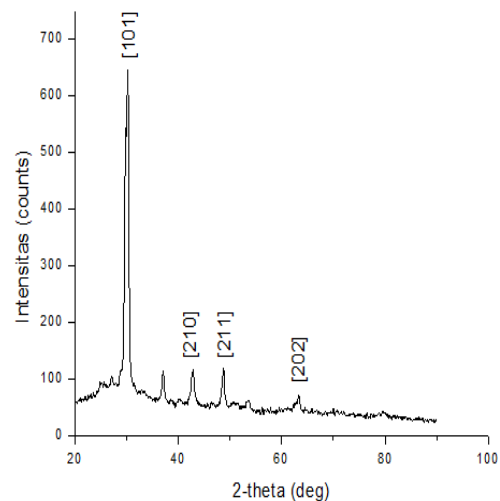
Hasil Preparasi Lapisan Tipis $\text{Sn}(\text{S}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$

Penelitian ini menghasilkan tiga sampel lapisan tipis dengan temperatur substrat 250°C, 300°C dan 350°C seperti pada Gambar 1.

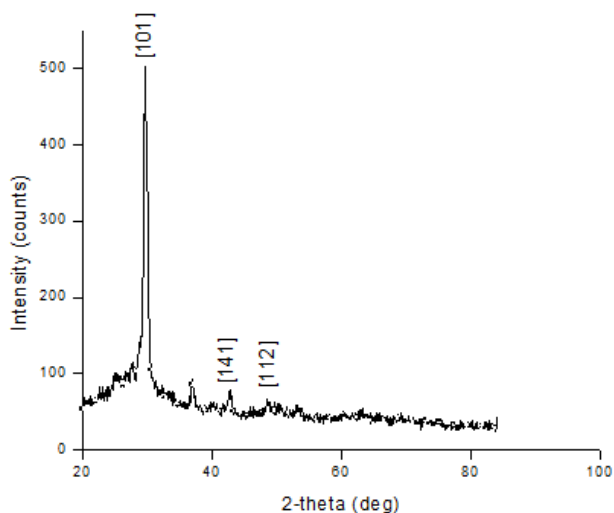


Gambar 1. Hasil Lapisan Tipis $\text{Sn}(\text{S}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$
 (a). Temperatur substrat 250°C.
 (b). Temperatur Substrat 300°C.
 (c). Temperatur Substrat 350°C.

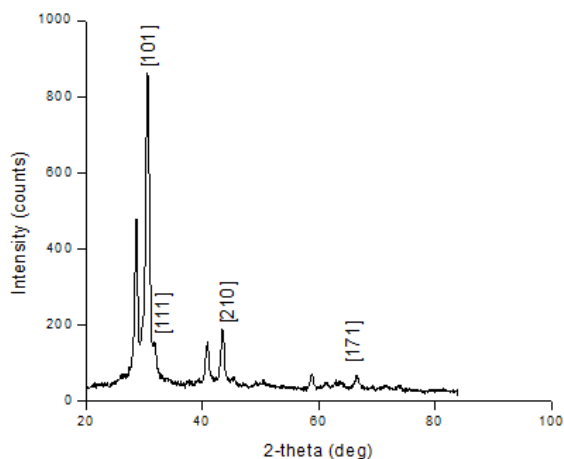
Data yang diperoleh dari XRD berupa spektrum, yaitu ditunjukkan oleh Gambar 2, 3, 4, dan 5 yang menyatakan intensitas sebagai fungsi dari 2θ sebagai sudut difraksi dan d_{hkl} sebagai jarak antar bidang.



Gambar 2. Difraktogram Lapisan Tipis Sampel 1 (250°C)



Gambar 3. Difraktogram Lapisan Tipis Sampel 2 (300°C)



Gambar 4. Difraktogram Lapisan Tipis Sampel 3 (350°C)

Berdasarkan Gambar 2, 3 dan 4, variasi temperatur substrat tidak berpengaruh terhadap struktur kristal tetapi menyebabkan perbedaan intensitas pada difraktogram sampel 3 dengan suhu (350°C) lebih tinggi dari pada sampel lainnya. Intensitas pada difraktogram menggambarkan keteraturan atom-atom pada kristal lapisan tipis, semakin tinggi nilai intensitasnya maka semakin baik keteraturan atom-atom pada lapisan tipis tersebut.

Difraktogram XRD hasil eksperimen dicocokkan dengan difraktogram data standar JCPDS (*Joint Committee on Powder Diffraction Standard*) untuk mengetahui nilai

hkl yang digunakan untuk menentukan parameter kisi kristal. Data yang diperoleh menunjukkan bahwa sampel Sn(S_{0,6}Te_{0,4}) mempunyai struktur kristal *orthorombik*. Hasil perbandingan data difraktogram tiap sampel dengan JCPDS disajikan dalam Tabel 1, 2, dan 3.

Tabel 1. Perbandingan Data XRD Penelitian Sn(S_{0,6}Te_{0,4}) Sampel 1 dengan JCPDS

Peak	Sn(S _{0,6} Te _{0,4})		SnS JCPDS	h k l
	2θ (°)	I (%)	2θ (°)	
1	29,638	45.31	-	-
2	30,231	100	30,472	101
3	37,057	10.26	-	-
4	42,81	15.73	42,504	210
5	48,71	11.64	48,507	211
6	63,29	7.60	63,387	202

Tabel 2. Perbandingan Data XRD Penelitian Sn(S_{0,6}Te_{0,4}) Sampel 2 dengan JCPDS

Peak	Sn(S _{0,6} Te _{0,4})		SnS JCPDS	h k l
	2θ (°)	I (%)	2θ (°)	
1	29,74	100	30,472	101
2	36,83	4.38	-	-
3	42,7579	7.97	42,504	210
4	48,8737	4.75	48,507	211

Tabel 3. Perbandingan Data XRD Penelitian Sn(S_{0,6}Te_{0,4}) Sampel 3 dengan JCPDS

Peak	Sn(S _{0,6} Te _{0,4})		SnS JCPDS	h k l
	2θ (°)	I (%)	2θ (°)	
1	28,626	35.92	-	-
2	30,507	100	30,472	101
3	31,64	32.70	31,530	111
4	40,78	11.71	-	-
5	43,47	16.86	42,504	210
6	66,61	3.002	66,560	171

Penentuan parameter kisi $\text{Sn}(\text{S}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$ dilakukan dengan metode analitik. Kemudian parameter kisi hasil penelitian dibandingkan dengan data JCPDS seperti pada Tabel 5.

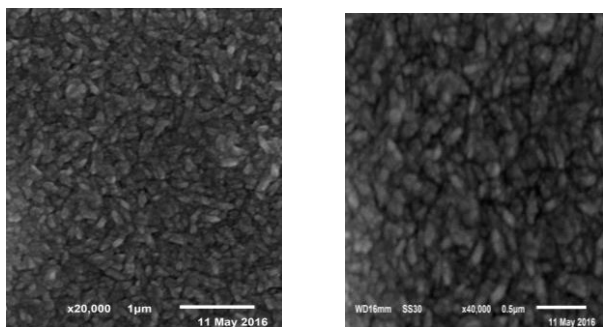
Tabel 4. Perbandingan nilai parameter kisi lapisan tipis $\text{Sn}(\text{S}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$ hasil karakterisasi XRD dengan data JCPDS SnS .

Parameter kisi	Sampel $\text{Sn}(\text{S}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$			JCPDS $\text{Sn}(\text{S}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$
	1	2	3	
a (Å)	4,30	4,29	4,23	4,329
b (Å)	10,4	11,9	11,19	11,19
c (Å)	4,011	4,19	4,03	3,983

Berdasarkan Tabel 4, dapat diketahui parameter kisi a, b, c dari $\text{Sn}(\text{S}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$ hasil penelitian dan data JCPDS untuk SnS . Dari ketiga sampel tidak memiliki perbedaan yang besar terhadap parameter kisi, hal tersebut menunjukkan variasi temperatur substrat tidak mempengaruhi kisi, namun berpengaruh terhadap intensitas relatif.

Morfologi Permukaan Hasil SEM

Karakterisasi SEM menghasilkan foto yang menunjukkan morfologi permukaan lapisan tipis yang terbentuk, sebagai berikut:

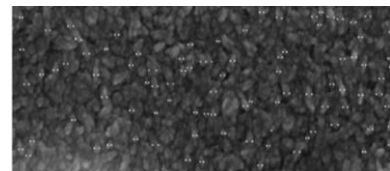


(a) (b)

Gambar 5. Foto Morfologi Permukaan Lapisan Tipis dengan Perbesaran (a) 20.000 kali (b) 40.000 kali

Morfologi permukaan lapisan tipis $\text{Sn}(\text{S}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$ yang terdeposit pada permukaan substrat kaca dikarakterisasi menggunakan

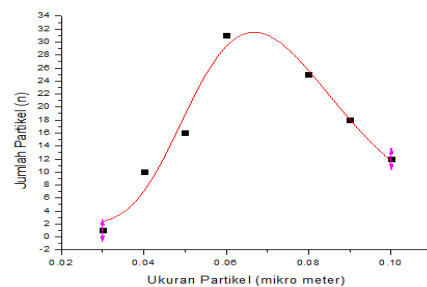
SEM dan hasil pengamatan SEM tersebut berupa foto-foto. Berdasarkan Gambar 5, foto yang dihasilkan terlihat butiran (*grain*) yang berbentuk lonjong, sesuai dengan struktur kristal *orthorombik* karena memiliki salah satu parameter kisi yang panjang. Adapun homogenitas kristal terlihat dari bentuk dan warna kristal yang hampir seragam. Ukuran partikel pada gambar terlihat bervariasi dari yang sangat kecil hingga besar. Ukuran partikel dapat ditentukan dengan menggunakan aplikasi *Paint*, *Excel*, dan *Origin* dengan menggunakan foto SEM di atas. Pada aplikasi *Paint*, akan dibuat tabulasi ukuran partikel sebanyak 150 partikel seperti pada Gambar 6.



Gambar 6. Tabulasi Ukuran Partikel Menggunakan Aplikasi *Paint*

Pada aplikasi *Paint*, ukuran partikel ditentukan secara satu per satu dengan cara menempatkan kursor pada tepi kiri dan kanan partikel. Sehingga akan didapatkan selisih ukuran partikel seperti pada tabel lampiran. Dari data tersebut dapat dibuat grafik menggunakan aplikasi *Origin* dengan plot Log Normal seperti Gambar 7.

Grafik Hubungan Antara Ukuran Partikel dan Jumlah Partikel



Model	LogNormal		
Equation	$y = y_0 + A / (\text{sqrt}(2 * \pi) * w * x) * \exp(-(\ln(x/xc))^2 / (2 * w^2))$		
Reduced Chi-Sqr	7.28834		
Adj. R-Square	0.92548		
		Value	Standard Error
B	y0	2.04072	2.96421
B	xc	0.0718	0.00192
B	w	0.27142	0.04082
B	A	1.38738	0.1624

Gambar 1. Grafik Hubungan Antara Ukuran Partikel dan Jumlah Partikel

Dari data grafik tersebut dapat dihitung ukuran partikel dengan persamaan berikut :

$$\bar{D} = D_p \exp \left[\frac{\sigma^2}{2} \right]$$

$$\bar{D} = 0,0718 \exp \left(\frac{0,2714^2}{2} \right)$$

$$\bar{D} = 0,0718 \exp(0,03682898)$$

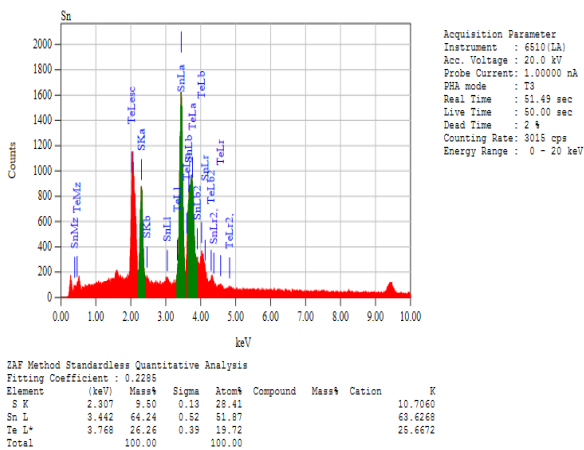
$$\bar{D} = 0,0718 (1,037516)$$

$$\bar{D} = 0,074 \mu\text{m}$$

Dari analisis di atas didapatkan diameter rata-rata partikel sebesar 0,074 μm.

Komposisi Kimia Hasil EDS

Hasil EDS berupa spektrum yang menunjukkan hubungan antara energi dan intensitas. Gambar 8 adalah tampilan hasil karakterisasi EDS lapisan tipis Sn(S_{0,2}Te_{0,8}) sampel 3 (temperatur substrat 350°C).



Gambar 12. Grafik Antara Intensitas dengan Energi Hasil Karakterisasi EDS

Berdasarkan hasil karakterisasi EDS, dapat diketahui bahwa preparasi kristal

semikonduktor lapisan tipis Sn(S_{0,6}Te_{0,4}) mengandung unsur *Stannum* (Sn), *Sulfur* (S), dan *Tellurium* (Te). Perbandingan presentase komposisi bahan dasarnya, yaitu unsur Sn = 51,87 %, S = 28,41 %, Te = 19,72 %. Perbandingan komposisi unsur kristal semikonduktor Sn(S_{0,6}Te_{0,4}) hasil karakterisasi EDS dengan teori, dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Perbandingan Molaritas Unsur Sn, S, dan Te pada Kristal Semikonduktor Sn(S_{0,6}Te_{0,4}) Hasil Karakterisasi EDS

Pencocokan Data	Perbandingan Mol Unsur		
	Sn	S	Te
Perbandingan mol unsur secara penelitian	1	0,55	0,38
Perbandingan mol unsur secara teori	1	0,6	0,4

Berdasarkan Tabel 5, hasil karakterisasi EDS menunjukkan bahwa hasil komposisi kimia dari hasil EDS dibandingkan dengan teori hasilnya hampir sama. Perbedaan selisih mol ini disebabkan karena beberapa hal, yaitu tidak menempelnya bahan dengan sempurna pada substrat dan terjadinya oksidasi pada substrat lapisan tipis.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Proses penumbuhan kristal Sn(S_{0,6}Te_{0,4}) menggunakan metode evaporasi vakum dengan perbedaan temperature substrat yang dikarakterisasi menggunakan XRD mempengaruhi kualitas kristal yang ditunjukkan dengan perbedaan intensitas yang diperoleh dari masing-masing temperatur. Semakin tinggi temperatur substrat akan menghasilkan lapisan tipis dengan kulit kristal yang semakin baik. Hal ini ditunjukkan oleh difraktogram sampel 3 (temperatur substrat 350°C) yang mempunyai intensitas lebih tinggi dibandingkan sampel lainnya.

1. Berdasarkan hasil analisis karakterisasi XRD, struktur kristal Sn(S_{0,6}Te_{0,4}) yang terbentuk mempunyai struktur kristal

orthorombik. Berdasarkan perhitungan metode analitik, nilai parameter kisi a , b , dan c untuk kristal sampel 1 yang dipanaskan dengan temperatur substrat 250°C adalah $4,30 \text{ \AA}$, $8,26 \text{ \AA}$ dan $4,01 \text{ \AA}$. Pada kristal sampel 2 yang dipanaskan dengan temperatur substrat 300°C adalah $4,29 \text{ \AA}$, $11,9 \text{ \AA}$ dan $4,19 \text{ \AA}$. Sedangkan pada kristal sampel 3 yang dipanaskan dengan temperatur substrat 350°C adalah $4,23 \text{ \AA}$, $11,19 \text{ \AA}$ dan $4,03 \text{ \AA}$. Hasil preparasi kristal semikonduktor $\text{Sn}(\text{S}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$ ditinjau dari kesesuaian data parameter kisi dengan data JCPDS, sampel 3 (temperatur substrat 350°C) memiliki kualitas lapisan tipis paling baik.

2. Hasil karakterisasi SEM menunjukkan bahwa struktur permukaan dari lapisan tipis semikonduktor $\text{Sn}(\text{S}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$ memiliki butiran (*grain*) yang berbentuk lonjong dan memiliki permukaan yang homogen terlihat dari bentuk dan warna kristal yang seragam dengan ukuran rata-rata *grain* yaitu, **$0,074 \mu\text{m}$** .

3. Berdasarkan hasil karakterisasi EDS, pada preparasi semikonduktor $\text{Sn}(\text{S}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$ memiliki perbandingan persentase komposisi kimia bahan dasarnya, yaitu unsur Sn = 51,87%, S = 28,41%, Te = 19,72%. Perbandingan molaritas semikonduktor $\text{Sn}(\text{S}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$ yaitu 1 : 0,55 : 0,38.

Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut seperti penentuan energi gap, resistivitas, efek *hall* dan konduktivitas untuk memperoleh informasi yang lebih banyak mengenai lapisan tipis $\text{Sn}(\text{S}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$. Sebaiknya pemvakuman tabung dilakukan sampai tekanan lebih rendah lagi untuk mencegah terjadinya oksidasi dan unsur-unsur lain yang ikut bereaksi pada saat preparasi. Penelitian ini dapat mendasari penelitian lebih lanjut mengenai sel surya menggunakan lapisan tipis $\text{Sn}(\text{S}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$.

DAFTAR PUSTAKA

- Cheng, L.L, Liu, M.H, Wang, M.X, Wang, S.C, Wang, G.D, Zhou, Q.Y, Chen, Z.Q. (2012). *Preparation of SnS films using solid sources deposited by the PECVD method with controllable film characters. Journal of Alloys and Compounds*. 545122-129. Hlm. 1-8
- Cullity, B.D. (1956). *Elements of X-Ray Diffraction*. Massachusetts: Addison Wesley Publishing Company.
- Leng, Yang. (2013). *Material Characterization Introduction to Microscopic and Spectroscopic Methods*. 2th. ed. Weinheim: Wiley-VCH.
- Reka Rio & Lida Masamori. (1982). *Fisika dan Teknologi Semikonduktor*. Jakarta: P.T.Pradnya Paramita.
- Saini, R., Pallavi, Singh, M., Kumar, R., & Jain, G (2010). Structural and Electrical Characterization of Sintered SnTe Films. *Chalcogenide Letters*. Vol. 7, No. 3 P. 197 – 202. Hlm. 1 – 6.
- Vlack, Van. (2004). *Elemen-Elemen dan Ilmu Rekayasa Material*. Jakarta: Erlangga.