

**PENGARUH VARIASI SPACER TERHADAP KUALITAS KRISTAL LAPISAN TIPIS
Sn(Se_{0,6}Te_{0,4}) DENGAN TEKNIK EVAPORASI VAKUM**

***THE EFFECT OF SPACER VARIATION AT QUALITY OF Sn(Se_{0,6}Te_{0,4}) THIN FILM BY
VACUUM EVAPORATION TECHNIQUE***

Oleh:

Fani Zakiati, Ariswan

Fanizakiati4@gmail.com, Ariswan@uny.ac.id

Abstrak Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh *spacer* terhadap kualitas lapisan tipis Sn(Se_{0,6}Te_{0,4}) dan karakteristik kristal lapisan tipis Sn(Se_{0,6}Te_{0,4}) yang dihasilkan melalui teknik evaporasi vakum. Teknik evaporasi vakum digunakan pada proses penumbuhan lapisan tipis Sn(Se_{0,6}Te_{0,4}) dengan tekanan $\sim 10^{-5}$ mbar. Variasi *spacer* pada evaporator sebesar 10 cm, 15 cm, dan 25 cm diterapkan pada proses penumbuhan lapisan tipis Sn(Se_{0,6}Te_{0,4}). Lapisan tipis Sn(Se_{0,6}Te_{0,4}) yang diperoleh dikarakterisasi menggunakan XRD (*X-Ray Diffraction*) untuk mengetahui struktur kristal dan parameter kisi, SEM (*Scanning Electron Microscopy*) untuk mengetahui morfologi permukaan dan EDAX (*Energi Dispersive Analysis X-Ray*) untuk mengetahui komposisi kimia lapisan tipis Sn(Se_{0,6}Te_{0,4}). Hasil yang diperoleh memperlihatkan sampel memiliki struktur kristal *orthorombik*, dengan nilai parameter kisi sebagai berikut: variasi *spacer* 10 cm $a=11,89\text{\AA}$, $b=4,52\text{\AA}$, $c=4,4\text{\AA}$; variasi *spacer* 15 cm, $a=11,89\text{\AA}$, $b=4,29\text{\AA}$, $c=4,51\text{\AA}$; dan variasi *spacer* 25 cm, $a=11,62\text{\AA}$, $b=4,57\text{\AA}$, $c=4,64\text{\AA}$. Diameter rata-rata partikel pada koordinat kanan kiri dan atas bawah untuk *spacer* 10 cm adalah 0,1306 μm . Pada koordinat kanan kiri dan atas bawah untuk *spacer* 15 cm adalah 0,1336 dan $0,0139\text{ }\mu\text{m}$. Perbandingan presentase atom dan perbandingan molaritas untuk *spacer* 10 cm adalah Sn = 53,68%, Se = 33,55%, Te = 12,67% dan 1: 0,62: 0,23. Perbandingan presentase atom dan perbandingan molaritas untuk *spacer* 15 cm adalah Sn = 52,02 %, Se = 33,91 %, Te = 14,07% dan 1: 0,65: 0,27. Hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa variasi *spacer* mempengaruhi kualitas kristal yang terbentuk. Semakin dekat *spacer* maka kualitas kristalnya semakin baik, karena kemungkinan bahan terdeposisi pada substrat semakin tinggi. .

Kata kunci : Lapisan tipis Sn(Se_{0,6}Te_{0,4}), stuktur kristal, teknik evaporasi vakum.

Abstract

*The research aimed to determine the effect of spacer variation of the Sn(Se_{0,6}Te_{0,4}) thin films quality and its characteristic. The Sn(Se_{0,6}Te_{0,4}) thin film growing process was used a vacuum evaporation technique at $\sim 10^{-5}$ mbarr. Three spacer variations 10 cm, 15 cm, and 25 cm were used on the Sn(Se_{0,6}Te_{0,4}) thin films growing process. These fabricated Sn(Se_{0,6}Te_{0,4}) thin films were characterized by XRD (*X-Ray Diffraction*) to determine the fabricated crystal structure and its lattice parameter, SEM (*Scanning Electron Microscopy*) to determine the surface morphology and EDAX (*Energi Dispersive Analysis X-Ray*) to determine the fabricated thin films chemical composition. The results showed that the Sn(Se_{0,6}Te_{0,4}) thin films were orthotombic and their lattice parameter were as follows: 10 cm spacer variation yielded $a=11,89\text{\AA}$, $b=4,52\text{\AA}$, $c=4,4\text{\AA}$; 15 cm spacer variations yielded $a=11,89\text{\AA}$, $b=4,29\text{\AA}$, $c=4,51$; and 25 cm spacer variations yielded $a=11,62\text{\AA}$, $b=4,57\text{\AA}$, $c=4,64\text{\AA}$. The average diameter of the particles of 10 cm spacer variations for the right-left and topbottom coordinates were as follows 0,1306 μm and 0,0139 μm . The average diameter of 15 cm spacer variations for the right-left and top-bottom coordinates were as follows 0,1336 μm and 0,0246 μm . The atoms percentage ratio and the molarity ratio of 10 cm spacer variations were as follows Sn = 53,68 %, Se = 33,55%, Te = 12,67% and 1: 0,62: 0,23. The ratio percentage atoms and the ratio molarities of 15 cm spacer variations were as follows Sn = 52,02 %, Se = 33,91 %, Te = 14,07%, and 1: 0,65: 0,27. It can be concluded that the spacer variation will affects the formed crystal quality. Small spacer variations will formed better crystal quality, because of its higher depositions probability.*

Keywords: Sn(Se_{0,6}Te_{0,4}) thin films, crystal structure, vacuum evaporation technique

PENDAHULUAN

Energi listrik menjadi salah satu kebutuhan pokok manusia untuk memenuhi hidupnya, namun saat ini, bahan dasar untuk memproduksi energi listrik didominasi oleh bahan bakar fosil terutama batu bara. Bahan bakar fosil merupakan sumber energi yang tidak dapat diperbarui dan proses pembentukannya membutuhkan waktu yang sangat lama. Pemanfaatan bahan bakar fosil yang berkepanjangan akan menimbulkan krisis bahan bakar yang berdampak pada krisis energi. Pemanfaatan bahan bakar fosil di sisi lain menimbulkan polusi yang berdampak pada kualitas lingkungan. Oleh karena itu, perlu dikembangkan pemanfaatan energi terbarukan guna mengatasi permasalahan tersebut.

Berdasarkan kondisi geografisnya, Indonesia memiliki banyak potensi dalam produksi energi terbarukan, salah satunya energi surya. Teknologi yang dapat digunakan untuk mengubah energi surya menjadi energi listrik yaitu teknologi fotovoltaik yang menggunakan piranti semikonduktor dengan sambungan p-n (Al Hasbi, 2011). Efek fotovoltaik merupakan fenomena munculnya arus dan tegangan listrik akibat adanya kontak dua lapisan bahan semikonduktor yang dihubungkan di bawah paparan sinar matahari (Wardhani, 2016: 17). Teknologi fotovoltaik dianggap sebagai teknologi yang dapat mengatasi masalah lingkungan global (Kuwano, 1997: 295).

Pembuatan piranti sel surya membutuhkan bahan semikonduktor sebagai komponen utama. Saat ini, bahan

semikonduktor yang ideal sebagai bahan dasar sel surya adalah *silicon* (Si). Pada tahun 1950 sel surya berbahan kristal silikon memiliki efisiensi konversi 4% (Ariswan, 2013), dan sekitar tahun 2030 efisiensi silikon akan naik menjadi 18% (Andreev, 2012). Bahan silikon memiliki *energy gap* 1,1 eV, sehingga memiliki kemampuan untuk menyerap spektrum matahari lebih banyak (Reka, 1982: 51). Akan tetapi, silikon memiliki kekurangan yaitu dalam hal biaya produksi yang mahal. Oleh karena itu, pemanfaatan unsur lain yang lebih terjangkau perlu dikembangkan salah satunya melalui teknik penumbuhan lapisan tipis.

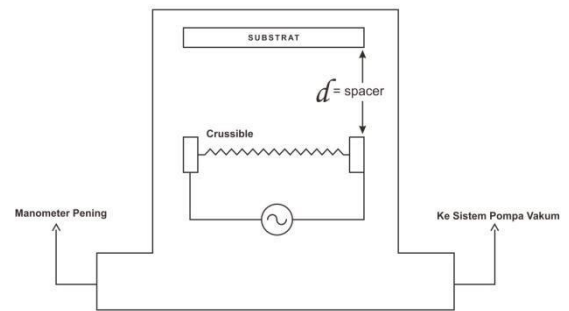
Lapisan tipis adalah lapisan yang sangat tipis yang terbuat dari bahan organik, anorganik, logam atau campuran yang memiliki sifat semikonduktor, konduktor, ataupun isolator (Lestari, 2016: 27). Manfaat lapisan tipis telah menjangkau berbagai bidang. Dalam bidang konstruksi, lapisan tipis digunakan untuk meningkatkan daya anti korosi. Dalam bidang elektronika, lapisan tipis digunakan untuk membuat kapasitor dan sensor. Dalam bidang optik, lapisan tipis digunakan untuk pembuatan lapisan antirefleksi, filter interferensi, kaca pelindung cahaya, cermin reflektor tinggi dan transmisi daya tinggi. Dan pada bidang industri hampir semua menggunakan lapisan tipis untuk pembuatan piranti elektronik, sel surya dan mikroelektronika (Wulandari, 2016).

Pada penelitian ini, lapisan tipis dibuat dari bahan semikonduktor perpaduan unsur SnSe dan SnTe. Kedua unsur bahan semikonduktor tersebut sama-sama merupakan

semikonduktor tipe-p. Semikonduktor tipe-p berfungsi sebagai material penyerap cahaya dalam aplikasi fotovoltaik. Bahan Sn, Se, Te termasuk dalam golongan IV-VI, dimana bahan tersebut memiliki celah pita energi yang bervariasi sehingga memungkinkan bahan semikonduktor untuk memanfaatkan berbagai daerah pada spektrum matahari. Selain itu, bahan semikonduktor Sn(Se Te) memiliki sifat optik dan listrik yang cocok untuk bahan pembuatan sel surya (Padha *et al*, 2015).

Bahan SnSe menunjukkan stabilitas kimia yang tinggi serta sifat fisik yang menarik, besar energi gapnya 1,3 eV dan termasuk semikonduktor tipe-p (Reddy, 2016). SnTe merupakan material termoelektrik yang memiliki *energy gap* sekitar 0,18 eV (Askerov, 1994). SnTe memiliki sensitivitas yang tinggi dan respon yang cepat, sehingga dikenal sebagai bahan detektor inframerah. SnTe mempunyai struktur kristal kubik (Saini, 2010: 1). Dari perpaduan bahan semikonduktor Sn($\text{Se}_{0,6}\text{Te}_{0,4}$) diharapkan dapat menurunkan energi gap pada SnSe sehingga dapat diperoleh energi gap yang mendekati 1,1 eV untuk dapat diaplikasikan untuk sel surya (Vasudeva, 2016).

Teknik penumbuhan lapisan tipis yang dilakukan pada penelitian ini adalah evaporasi vakum yang menggunakan alat evaporator. Teknik ini memiliki kelebihan yaitu laju penumbuhan yang sangat tinggi karena ditumbuhkan di dalam ruang vakum (Ohring, 2002: 96). Berikut bagan alat evaporator dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagan alat evaporator

Evaporator adalah alat yang berfungsi untuk mengubah zat cair menjadi uap dengan penambahan panas (B. Long, 1995), maka pada alat evaporator terdapat sumber pemanas yang digunakan untuk mengevaporasi bahan yang diinginkan. Sumber pemanas tersebut menggunakan arus listrik yang cukup tinggi agar material bahan dapat mencapai suhu evaporasi, sehingga diperoleh tekanan uap yang cukup agar material dapat keluar dari bahan sumber. Bahan yang digunakan pada proses ini harus berbentuk padatan agar bahan mudah menempel pada substrat tanpa bereaksi dengan elemen pemanas seperti bahan cair. Lapisan tipis dari material yang dipanaskan yang akan terbentuk, jika uap material mengalami kondensasi pada permukaan substrat (Mahmudi, 2000). Proses tersebut terjadi pada evaporator yang dijelaskan pada Gambar 1. Pada evaporator terdapat jarak antara sumber bahan dengan substrat yang dinamakan dengan *spacer*. *Spacer* saat proses evaporasi berperan dalam pembentukan struktur kristal lapisan tipis pada substrat kaca. Lapisan tipis memiliki permukaan seragam yang mampu melapisi permukaan substrat secara merata dengan cacat yang minim dan memiliki struktur kristal (Yutaka dan Yohya, 1996). Hasil penelitian Eka

Wulandari (2016) memperlihatkan, bahwa pada unsur

$\text{Sn}(\text{S}_{0,4}\text{Te}_{0,6})$ dengan struktur kubik menyatakan bahwa, semakin dekat *spacer*, maka intensitas yang muncul akan semakin tinggi dan sebaliknya.

Setelah lapisan tipis terbentuk, karakterisasi dilakukan dengan menggunakan *X-Ray Diffraction (XRD)*, *Scanning Electron Microscopy (SEM)*, dan *Energy Dispersive Analysis X-Ray (EDAX)*. XRD digunakan untuk mengetahui struktur kristal lapisan tipis, SEM digunakan untuk mengetahui morfologi permukaan lapisan tipis, dan EDAX digunakan untuk menentukan komposisi kimia lapisan tipis. Dari hasil karakterisasi yang dilakukan, dapat diketahui pengaruh variasi *spacer* terhadap kualitas penumbuhan lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$ yang sudah terbentuk meliputi struktur kristal, morfologi permukaan, dan komposisi kimia dari lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Februari sampai bulan April 2017 di Laboratorium Fisika Material FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta, Laboratorium kimia FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta dan Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu (LPPT) Universitas Gadjah Mada.

Langkah Penelitian

Penelitian ini meliputi 2 tahap. Tahap 1 meliputi persiapan, preparasi bahan dan

pengambilan hasil preparasi untuk memperoleh lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$ dengan teknik evaporasi vakum. Parameter yang divariasi adalah *spacer*, dengan variasi *spacer* sebesar 10 cm, 15cm, dan 25 cm. Tahap 2 yaitu karakterisasi dengan tiga metode yaitu X-RD untuk mengetahui struktur kristal, SEM digunakan untuk mengetahui morfologi permukaan, dan EDAX digunakan untuk mengetahui komposisi kimia pada bahan lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$.

Teknik Analisis Data

Hasil XRD berupa difraktogram yang menyatakan hubungan antara intensitas dengan sudut difraksi 2θ . Hasil tersebut kemudian dibandingkan dengan standar data base JCPDS (*Joint Committee on Powder Diffraction Standards*), sehingga diperoleh bidang-bidang *hkl* dari sampel. Untuk mengetahui indeks miller (*hkl*) dari sampel, struktur serta nilai parameter kisi *a*, *b* dan *c* yang terbentuk dapat dilakukan perhitungan dengan metode Analitik yang dihitung dengan persamaan 8 dan 10 (hukum Bragg), kemudian disubstitusikan sehingga menghasilkan nilai parameter kisi *a*, *b*, dan *c*.

Hasil SEM berupa citra/foto morfologi permukaan lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$. Kemudian dari hasil tersebut dapat ditentukan distribusi partikel yaitu berupa diameter partikel yang menunjukkan struktur orthorombik. Program yang digunakan untuk menentukan ukuran setiap partikel yaitu program windows Paint, dengan memberikan tanda (titik) pada bagian kanan kiri dan atas

bawah yang menggunakan penghapus pada Paint, sehingga terbentuk suatu koordinat X dan Y. Setelah didapatkan ukuran partikel dengan jumlah banyak, kemudian memfitting ukuran partikel tersebut dengan Origin dalam bentuk fungsi LogNormal dan didapatkan parameter fungsi distribusi hasil LogNormal yang digunakan untuk menghitung diameter rata-rata partikel.

Selanjutnya menggunakan EDAX dengan hasil EDAX berupa spektrum yang menunjukkan hubungan antara intensitas terhadap energi, kemudian didapatkan perbandingan presentase atom yang terdapat pada unsur Sn, Se, dan Te. Kemudian dianalisa untuk mengetahui perbandingan molaritas dari unsur Sn, Se, dan Te.

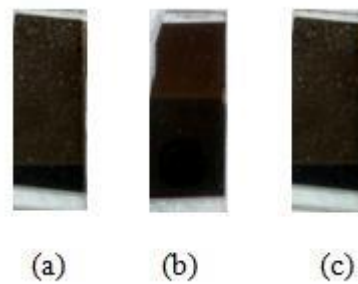
HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penumbuhan Kristal lapisan tipis

$\text{Sn}(\text{Se}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$ dengan Teknik Evaporasi Vakum.

Penelitian ini menghasilkan tiga sampel lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$ dengan menggunakan teknik evaporasi vakum. Variasi *spacer* antara sumber bahan dengan substrat sebesar 10 cm, 15 cm dan 25 cm. Ini, bertujuan untuk mengetahui *spacer* yang optimal untuk memperoleh lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$ yang baik dan mengetahui bagaimana pengaruh *spacer* terhadap kualitas kristal yang terbentuk.

Lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$ yang terbentuk bisa dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Hasil preparasi lapisan tipis

$\text{Sn}(\text{Se}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$ (a) spacer 10 cm, (b) spacer 15 cm, dan (c) spacer 25 cm

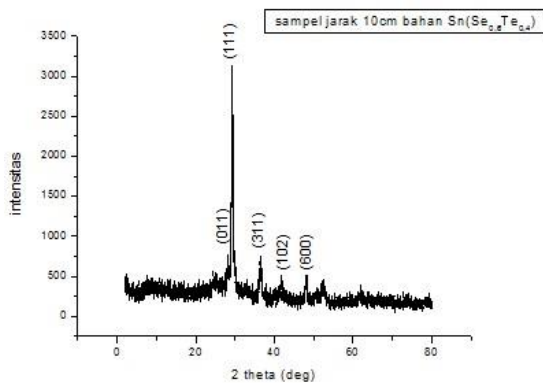
Hasil lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$ yang dihasilkan, bentuk fisiknya tidak jauh berbeda, ketiga sampel berwarna coklat kehitamhitaman. Lapisan tipis yang terbentuk seharusnya berwarna hitam, karena semakin hitam lapisan yang terbentuk, maka semakin sempurna bahan menempel pada substrat.

B. Hasil Karakterisasi Struktur Kristal dan Parameter Kisi Lapisan Tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$ Menggunakan XRD (X-Ray Diffraction)

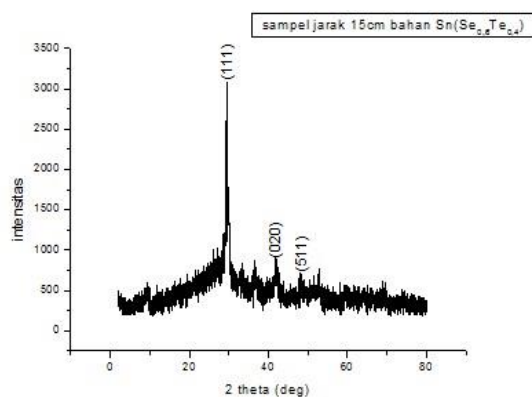
Data yang diperoleh dari XRD adalah grafik hubungan antara sudut difraksi (2θ) dengan intensitas puncak spektrum, dengan 2θ berada disumbu horisontal sebagai variabel bebas, sedangkan intensitas di sumbu vertikal sebagai variabel terikat. Prinsip kerja XRD yaitu sinar-X dikenakan pada sampel dengan panjang gelombang tertentu sehingga akan terjadi difraksi gelombang untuk bidang yang berjarak d dan sudut 2θ yang akan memenuhi *diffraction bragg*. Sumber yang digunakan saat karakterisasi XRD yaitu sumber Cu, yang memiliki panjang gelombang (λ) sebesar

1,54056 Å, tegangan operasi 40 kV, dan arus operasi 15 mA.

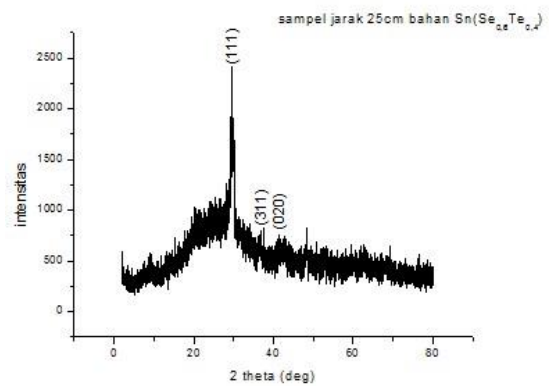
Lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$ dikarakterisasi menggunakan XRD dengan tujuan untuk mengetahui struktur kristal dan parameter kisi. Penentuan ini dilakukan dengan mengamati pola berkas difraksi sinar-X yang dipantulkan oleh kristal. Hasil karakterisasi dengan XRD diperoleh difraktogram dari tiga sampel sebagai berikut:



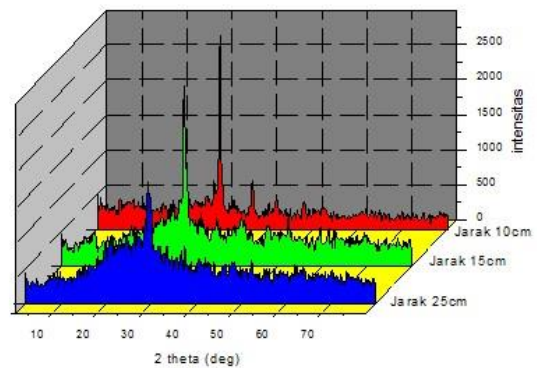
Gambar 2. Difraktogram XRD lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$ dengan spacer 10 cm



Gambar 4. Difraktogram XRD lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$ dengan spacer 15 cm



Gambar 5. Difraktogram XRD lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$ dengan spacer 25 cm



Gambar 6. Difraktogram penggabungan lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$ spacer 10 cm, spacer 15 cm, dan spacer 25 cm

Dari difraktogram penggabungan ketiga sampel, menunjukkan puncak-puncak spektrum yang muncul pada ketiga sampel. Puncak-puncak tersebut tergantung pada sudut hamburan sinar-X pada kristal. Pada Gambar 27, spacer 10 cm intensitas terukur lebih tinggi dibandingkan dengan spacer 15 cm dan 25 cm. Hal tersebut dikarenakan pengaruh variasi spacer terhadap substrat. Intensitas pada difraktogram menunjukkan tingkat keteraturan atom pada kristal lapisan tipis yang terbentuk. Semakin tinggi intensitasnya, maka semakin baik pula kualitas kristalnya. Spacer 10 cm

merupakan *spacer* optimal yang dapat menghasilkan lapisan tipis Sn(Se_{0,6}Te_{0,4}) yang baik.

Data penelitian hasil XRD kemudian dicocokkan dengan data standar JCPDS (*Joint Commite on Powder Diffraction Standard*) dari SnSe, karena Se cenderung lebih besar dibanding dengan Te. Pada data standar JCPDS, kristal SnSe memiliki struktur kristal orthorombik. Sistem kristal orthorombik memiliki parameter kisi $a \neq b \neq c$ dan $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$. Dari hasil perbandingan dengan JCPDS akan diketahui nilai Indeks Miller (*hkl*) pada puncak-puncak difraksi yang terbentuk. Berikut data XRD lapisan tipis Sn(Se_{0,6}Te_{0,4}) dengan data JCPDS SnSe sebagai berikut:

Tabel 1. Perbandingan data XRD lapisan tipis Sn(Se_{0,6}Te_{0,4})*spacer*10 cm dengan data JCPDS SnSe.

No	<i>Spacer</i> 10 cm	JCPDS	Hkl
	2θ (°)	2θ (°)	
1	28,07	29,243	0 1 1
2	29,239	30,309	1 1 1
3	36,46	37,768	3 1 1
4	41,72	41,282	1 0 2
5	47,92	47,77	6 0 0

Tabel 2. Perbandingan data XRD lapisan tipis Sn(Se_{0,6}Te_{0,4})*spacer*15 cm dengan data JCPDS SnSe.

No	<i>Spacer</i> 15 cm	JCPDS	Hkl
	2θ (°)	2θ (°)	
1	29,63	30,309	1 1 1
2	42,122	43,183	0 2 0
3	48,26	49,86	5 1 1

Tabel 3. Perbandingan data XRD lapisan tipis Sn(Se_{0,6}Te_{0,4})*spacer* 25 cm dengan data JCPDS SnSe.

No	<i>Spacer</i> 25 cm	JCPDS	Hkl
	2θ (°)	2θ (°)	
1	29,39	30,309	1 1 1
2	36,8	37,768	3 1 1
3	42,28	43,183	0 2 0

Hasil XRD dari ketiga sampel diperoleh, nilai sudut difraksi (2θ) yang tertinggi yaitusekitar 29°, kemudian data tersebut dicocokkan dengan data standar dari JCPDS. Setelah dicocokkan, nilaipuncak-puncak dari variasi *spacer*10 cm, 15 cm, dan 25 cm yang dihasilkan, memiliki nilai yang tidak jauh berbeda dengan data JCPDS. Indeks miller (*hkl*) dari hasil XRD kemudian bisa diketahui dengan melihat nilai *hkl*dari JCPDS. Perhitungan parameter kisi kemudian dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan 8 dan 10 setelah struktur kristal diketahui. Berikut parameter kisi pada ketiga sampel yang ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Parameter kisi lapisan tipis Sn(Se_{0,6}Te_{0,4}) pada *spacer* 10 cm, 15 cm, dan 25 cm terhadap JCPDS SnSe.

Parameter Kisi	Sampel			JCPDS SnSe
	<i>Spacer</i> 10 cm	<i>Spacer</i> 15 cm	<i>Spacer</i> 25 cm	
<i>a</i> (Å)	11,89	11,89	11,62	11,42
<i>b</i> (Å)	4,52	4,29	4,57	4,19
<i>c</i> (Å)	4,4	4,51	4,64	4,46

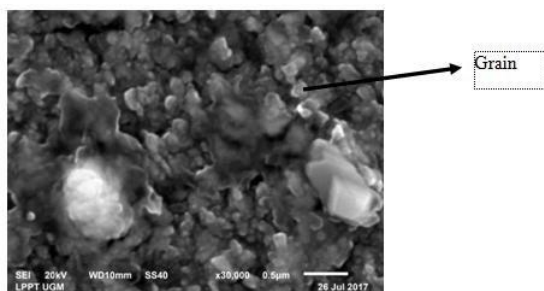
Berdasarkan Tabel 4, hasil perhitungan nilai parameter kisi untuk *spacer* 10 cm, 15 cm, dan 25 cm secara

analitik terdapat perbedaan yang tidak jauh dengan data JCPDS. Hal ini menunjukkan bahwa perbedaan *spacer* tidak mempengaruhi nilai parameter kisi lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$ yang terbentuk.

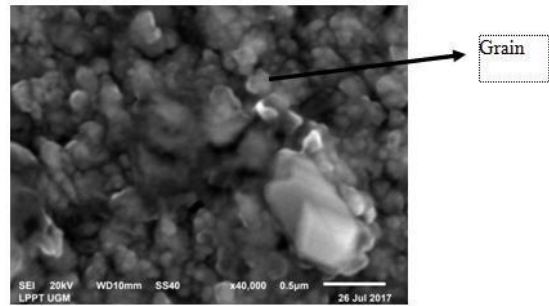
C. Hasil Morfologi Permukaan Lapisan

Tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$ Menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscopy*)

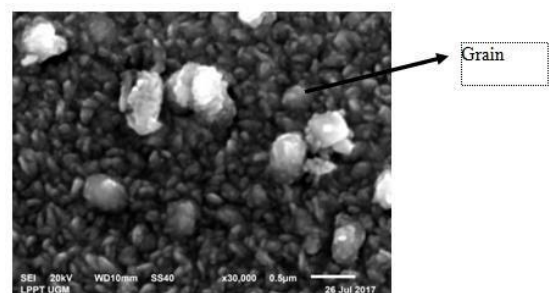
SEM (*Scanning Electron Microscopy*) digunakan untuk mengetahui struktur morfologi permukaan dari suatu bahan lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$. Pada karakterisasi SEM, lapisan tipis yang diuji adalah bahan lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$ *spacer* 10 cm dan *spacer* 15 cm. Hasil SEM berupa foto permukaan dari kristal yang terbentuk. Dari hasil foto dengan alat SEM dapat diketahui homogenitas dari kristal $\text{Sn}(\text{Se}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$. Berikut gambar karakterisasi dari lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$ dengan perbesaran 30.000 kali dan 40.000 kali.



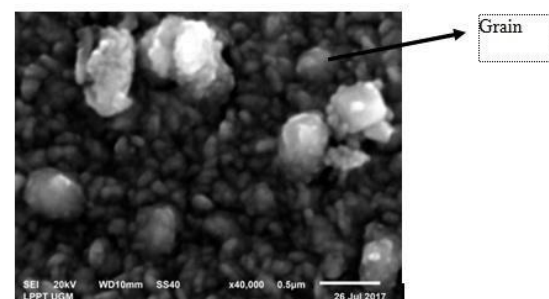
Gambar 7. Foto morfologi permukaan lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$ *spacer* 10 cm karakterisasi SEM dengan perbesaran 30.000 kali.



Gambar 8. Foto morfologi permukaan lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$ *spacer* 10 cm karakterisasi SEM dengan perbesaran 40.000 kali



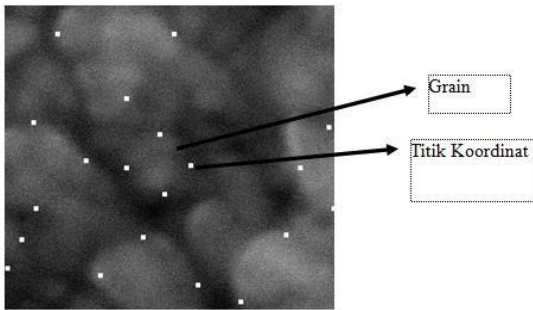
Gambar 9. Foto morfologi permukaan lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$ *spacer* 15 cm karakterisasi SEM dengan perbesaran 30.000 kali



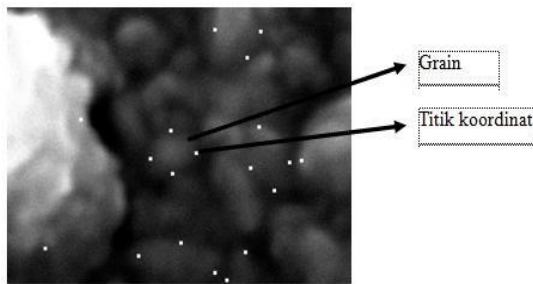
Gambar 10. Foto morfologi permukaan lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$ *spacer* 15 cm karakterisasi SEM dengan perbesaran 40.000 kali

Berdasarkan foto hasil analisis SEM untuk lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$ pada gambar-gambar di atas menunjukkan butiran (*grain*) yang terlihat homogenitas dari kristal yang ditunjukkan dari bentuk dan warna kristal yang hampir seragam. Dari hasil foto SEM dapat ditentukan distribusi partikel yaitu berupa diameter dari partikel

tersebut. Untuk menentukan ukuran setiap partikel menggunakan program dalam windows yaitu Paint, Ms Excel, dan Origin. Hasil foto SEM *spacer* 10 cm dan 15 cm, dibuka dengan Paint dan kemudian ditentukan ukurannya dengan memberi tanda. Titik pada bagian kanan kiri dan atas bawah dengan fasilitas menggunakan penghapus pada Paint sehingga terbentuk suatu koordinat titik x dan y.



Gambar 11. Foto morfologi permukaan lapisan tipis Sn($\text{Se}_{0,6}\text{Te}_{0,4}$) pada spacer 10 cm yang sudah diberi tanda pada program paint dan sudah ditentukan ukurannya



Gambar 12. Foto morfologi permukaan lapisan tipis Sn($\text{Se}_{0,6}\text{Te}_{0,4}$) pada spacer 15 cm yang sudah diberi tanda pada program paint dan sudah ditentukan ukurannya

Setelah ukuran partikel didapatkan dengan jumlah banyak, ukuran partikel tersebut kemudian *difitting* dengan perangkat lunak Origin dalam bentuk fungsi LogNormal. Dengan demikian dapat

diketahui diameter dengan persamaan sebagaiberikut:

$$f D = \frac{1}{2\pi D\sigma} \exp -\frac{\ln^2 \frac{D}{D_p}}{2\sigma^2}$$

$$D = D_p \exp \frac{\sigma^2}{2}$$

Dimana pada *spacer* 10 cm:

- a) Untuk koordinat kanan dan kiri, $D_p = x_c$, $\sigma = w$

$$D = 0,12511 \exp \frac{0,29417^2}{2}$$

$$D = 0,12511 \exp \frac{0,086535}{2}$$

$$D = 0,12511 \exp 0,04326$$

$$D = 0,1306 \mu m$$

- b) Untuk koordinat atas dan bawah, $D_p = x_c$, $\sigma = w$

$$D = 0,0114 \exp \frac{0,63602^2}{2}$$

$$D = 0,0114 \exp \frac{0,40452144}{2}$$

$$D = 0,0114 \exp 0,20226072$$

$$D = 0,0139 \mu m$$

Dimana pada *spacer* 15 cm:

- a) Untuk koordinat kanan dan kiri, $D_p = x_c$,

$$\sigma = w$$

$$D = 0,12726 \exp \frac{0,3113^2}{2}$$

$$D = 0,12726 \exp \frac{0,0969}{2}$$

$$D = 0,12726 \exp 0,0484$$

$$D = 0,1336 \mu m$$

- b) Untuk koordinat atas dan bawah, $D_p = x_c$,
 $\sigma = w$

$$D = 0,02134 \exp \frac{0,53753^2}{2}$$

$$D = 0,02134 \exp \frac{0,2889385}{2}$$

$$D = 0,02134 \exp 0,14446925$$

$$D = 0,0246 \mu m$$

Dari analisis di atas diperoleh diameter rata-rata partikel pada koordinat kanan dan kiri untuk *spacer* 10 cm mempunyai ukuran butiran (*grain*) sebesar $0,1306 \mu m$ dan untuk kordinat atas dan bawah sebesar $0,0139 \mu m$. Pada koordinat kanan dan kiri untuk *spacer* 15 cm mempunyai ukuran butiran (*grain*) sebesar $0,1336 \mu m$ dan koordinat atas dan bawah sebesar $0,0246 \mu m$. Hasil analisis diameter rata-rata dari kedua *spacer* 10 cm dan 15 cm pada koordinat atas bawah dan kanan kiri memiliki perbedaan, hal tersebut menunjukkan bahwa partikel tersebut berbentuk lonjong. Sesuai dengan struktur orthorombik karena memiliki salah satu parameter kisi yang panjang.

D. Hasil Komposisi Kimia Lapisan Tipis

Sn(Se_{0,6}Te_{0,4}) Menggunakan EDAX

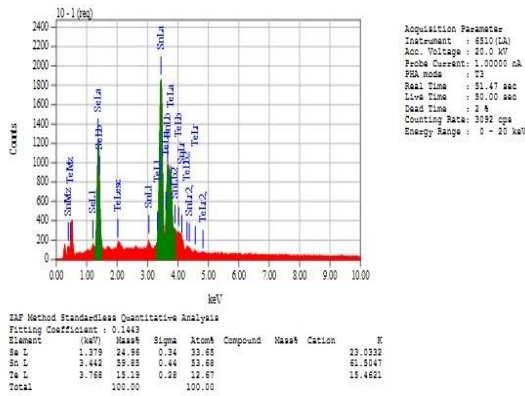
(Energi Dispersive Analysis X-Ray)

Komposisi kimia lapisan tipis Sn(Se_{0,6}Te_{0,4}) diketahui dengan menggunakan alat EDAX (*Energi Dispersive Analysis X-Ray*). Sistem analisis

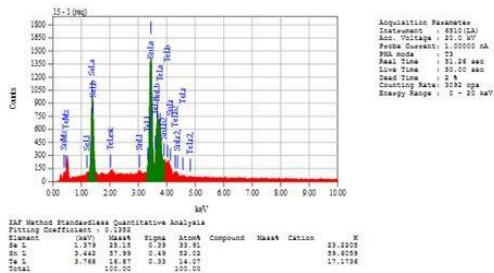
EDAX bekerja sebagai fitur yang terintegrasi dengan SEM dan tidak dapat berdiri sendiri.

Bahan lapisan tipis

Sn(Se_{0,6}Te_{0,4}) yang diujikan yaitu *spacer* 10 cm dengan intensitas sebesar ± 3250 dan *spacer* 15 cm dengan intensitas sebesar ± 3100 , keduanya memiliki intensitas tinggi. Sedangkan untuk *spacer* 25 cm tidak dikarakterisasi SEM-EDAX karena memiliki intensitas yang rendah sebesar ± 2400 . Hal tersebut menunjukkan bahwa intensitas pada difraktogram uji XRD juga berpengaruh terhadap SEM-EDAX, karena kualitas lapisan tipis tergantung pada intensitas yang dihasilkan. Semakin tinggi intensitas pada difraktogram, semakin baik pula keteraturan atom-atomnya (semakin baik kualitas kristal lapisan tipisnya). Hasil dari EDAX berupa spektrum yang menunjukkan hubungan antara energi dan intensitas yang menyatakan hasil spektrum energi sinar-X yang menunjukkan besar presentase atom dari ketiga sampel. Karakterisasi menggunakan EDAX dilakukan setelah mengarakterisasi kristal dengan XRD. Lapisan tipis yang diuji adalah sampel yang sama dengan yang digunakan saat SEM, yaitu bahan lapisan tipis Sn(Se_{0,6}Te_{0,4}) dengan *spacer* 10 cm dan 15 cm. Hasil EDAX tersebut dapat dilihat pada gambar 13 dan 14.



Gambar 13. Grafik hubungan intensitas dengan Energi Hasil Karakterisasi EDAX Lapisan Tipis Sn(Se_{0,6}Te_{0,4}) spacer 10 cm dengan Teknik Evaporasi



Gambar 14. Grafik hubungan intensitas dengan Energi Hasil Karakterisasi EDAX Lapisan Tipis Sn(Se_{0,6}Te_{0,4}) spacer 15 cm dengan Teknik Evaporasi

Berdasarkan hasil karakterisasi EDAX untuk lapisan tipis Sn(Se_{0,6}Te_{0,4}) dapat diketahui bahwa preparasi kristal semikonduktor lapisan tipis Sn(Se_{0,6}Te_{0,4}) mengandung unsur Stannum (Sn), Selenium (Se), dan Tellurium (Te). Perbandingan presentase komposisi kimia untuk spacer 10 cm perbandingan komposisi kimia bahan dasarnya yaitu Sn : 53,68 %, Se : 33,65%, dan Te : 12,67%, untuk 15 cm bahan dasarnya yaitu unsur Sn : 52.02 %, Se : 33,91 %, dan Te : 14.07%. Dan untuk jarak Perbandingan molaritas Sn, Se dan Te pada spacer 10

cm dan 15 cm dapat dilihat pada tabel sebagai berikut:

Tabel 5. Perbandingan Molaritas Unsur Sn, Se, dan Te pada lapisan tipis Sn(Se_{0,6}Te_{0,4}) spacer 10 cm dari hasil karakterisasi EDAX

Unsur	Konsentrasi (%)	Hasil EDAX	Hasil secara Teori
Sn	53,68	1	1
Se	33,65	0,62	0,6
Te	12,67	0,23	0,4

Tabel 6. Perbandingan Molaritas Unsur Sn, Se, dan Te pada lapisan tipis Sn(Se_{0,6}Te_{0,4}) spacer 15 cm dari hasil karakterisasi EDAX

Unsur	Konsentrasi (%)	Hasil EDAX	Hasil secara Teori
Sn	52,02	1	1
Se	33,91	0,65	0,6
Te	14,07	0,27	0,4

Berdasarkan tabel 5 dan tabel 6, dapat dilihat bahwa perbandingan molaritas lapisan tipis Sn(Se_{0,6}Te_{0,4}) dari masingmasing unsur Sn: Se: Te pada spacer 10 cm adalah 1: 0,62: 0,23, untuk spacer 15 cm adalah 1: 0,65: 0,27, sedangkan menurut teori 1: 0,6: 0,4. Jika dibandingkan terdapat perbedaan perbandingan molaritas unsur Sn: Se: Te dari hasil penelitian dengan teori. Pada spacer 10 cm memiliki perbandingan molaritas yang lebih kecil dibandingkan dengan spacer 15 cm, hal tersebut tidak sesuai dengan teori, karena semakin dekat spacer-nya maka unsur yang terbentuk pada lapisan tipis akan semakin baik. ketidaksesuaian tersebut menunjukkan bahan tersebut mengalami non stoichiometry, yang

artinya tidak menempelnya bahan pada substrat dengan sempurna.

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. Pengaruh variasi *spacer* terhadap kualitas kristal yaitu semakin dekat *spacer* maka intensitas yang muncul semakin tinggi. Semakin jauh *spacer* maka intensitas yang muncul semakin rendah. Dan semakin tinggi intensitasnya maka semakin baik pula keteraturan atom-atomnya, sehingga bisa dikatakan kualitas kristal akan semakin baik jika intensitas yang dihasilkan itu tinggi. Dari ketiga variasi *spacer* (10 cm, 15 cm, dan 25 cm), *spacer* optimal yang menghasilkan lapisan tipis

$\text{Sn}(\text{Se}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$ yang baik yaitu *spacer* 10 cm.

2. Karakteristik kristal lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$ dengan variasi *spacer* melalui teknik evaporasi vakum:

a) Hasil karakterisasi dengan XRD menunjukkan bahwa lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$ menggunakan teknik evaporasi vakum mempunyai struktur kristal orthorombik, dengan nilai parameter kisi sebagai berikut:

1) *Spacer* 10 cm, $a=11,89\text{\AA}$, $b=4,52\text{\AA}$, dan $c=4,4\text{\AA}$

2) *Spacer* 15 cm, $a=11,89\text{\AA}$, $b=4,29\text{\AA}$, dan $c=4,51\text{\AA}$

3) *Spacer* 25 cm, $a=11,62\text{\AA}$, $b=4,57\text{\AA}$, dan $c=4,64\text{\AA}$

Dari hasil tersebut terlihat bahwa variasi *spacer* tidak berpengaruh terhadap parameter kisi, struktur kristalnya, dan lapisan tipis yang dihasilkan baik, karena parameter kisi yang dihasilkan tidak jauh berbeda dengan data JCPDS.

- b) Berdasarkan hasil karakterisasi dengan SEM dapat diketahui bahwa lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$ memiliki morfologi permukaan yang tersusun atas butiran (*grain*) yang menunjukkan adanya keseragaman bentuk, struktur, dan warna kristal sehingga morfologi permukaannya homogen dengan diameter rata-rata partikel pada koordinat kanan dan kiri untuk *spacer* 10 cm mempunyai ukuran butiran (*grain*) sebesar $0,1306\ \mu\text{m}$ dan untuk koordinat atas dan bawah sebesar $0,0139\ \mu\text{m}$. Pada koordinat kanan dan kiri untuk *spacer* 15 cm mempunyai ukuran butiran (*grain*) sebesar $0,1336\ \mu\text{m}$ dan koordinat atas dan bawah sebesar $0,0246\ \mu\text{m}$.

Hasil analisis diameter rata-rata dari kedua *spacer* 10 cm dan 15 cm pada koordinat atas bawah dan kanan kiri memiliki perbedaan, hal tersebut menunjukkan bahwa partikel tersebut berbentuk lonjong. Sesuai dengan struktur orthorombik karena memiliki salah satu parameter kisi yang panjang.

- c) Berdasarkan hasil karakterisasi dengan EDAX dapat diketahui

bahwa lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$ mempunyai komposisi kimia *Stannum* (Sn), *Selenium* (Se), dan *Tellurium* (Te) dengan Perbandingan presentase komposisi kimia untuk *spacer* 10 cm perbandingan komposisi kimia bahan dasarnya yaitu Sn : 53,68 %, Se : 33,65%, dan Te : 12,67% dan untuk *spacer* 15 cm bahan dasarnya yaitu unsur Sn : 52.02 %, Se : 33,91 %, dan Te : 14.07%. Perbandingan molaritas lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$ dari masing-masing unsur Sn: Se: Te pada *spacer* 10 cm adalah 1: 0,62: 0,23, untuk *spacer* 15 cm adalah 1: 0,65: 0,27, sedangkan menurut teori 1: 0,6: 0,4. Jika dibandingkan terdapat perbedaan perbandingan molaritas unsur Sn: Se: Te dari hasil penelitian dengan teori. Pada *spacer* 10 cm memiliki perbandingan molaritas yang lebih kecil dibandingkan dengan *spacer* 15 cm, hal tersebut tidak sesuai dengan teori, karena semakin dekat *spacernya* maka unsur yang terbentuk pada lapisan tipis akan semakin baik. Ketidaksesuaian tersebut menunjukkan bahan tersebut mengalami kondisi *non stoichiometry*, yang artinya tidak menempelnya bahan pada substrat dengan sempurna. Hal ini menunjukkan lapisan tipis yang terbentuk belum memenuhi komposisi $\text{Sn}(\text{Se}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$, tetapi adanya komponen Sn, Se, dan Te

pada substrat menyatakan bahwa fase $\text{Sn}(\text{Se}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$ telah terbentuk dalam sampel.

B.Saran

Adapun saran yang dapat disampaikan agar dihasilkan kristal dengan kualitas yang baik adalah:

1. Perlu dilakukan penelitian yang lebih lanjut mengenai penentuan energi gap dan konduktivitas agar diperoleh informasi yang lebih banyak mengenai lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh variasi jarak (*spacer*) agar menghasilkan lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$ yang berkualitas baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Andreev, V. M. (2012). *GaAs and HighEfficiency Space Cells. Practical Handbook of Photovoltaics* (pp. 397–416). Elsevier Ltd. <http://doi.org/10.1016/B978-0-12385934-1.00012-X>, proceedings of the World Electrotechnology Congress.Moskow.
- Al Hasibi, Rahmat Adiprasetya. (2010). Peran Sumber Energi Terbarukan dalam Penyediaan Energi Listrik dan Penurunan Emisi CO2 di Provinsi DaerahIstimewa Yogyakarta. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika, Volume 13* (No 2tahun 2010). Hlm. 155.
- Ariswan. (2013). *Semikonduktor, Handout Kuliah*. Yogyakarta: FMIPA UNY.
- Mahmudi. (2000). *Studi Tentang Uniformitas Lapisan Tipis Alumunium pada Substrat Kaca Terhadap Jarak*

Deposit Menggunakan Metode Evaporasi

Thermal Tipe Ladd Research.
Surakarta: FMIPA UNS.

Naresh Padha et al. (2015). Effect of Changed Structure as Well as Composition on the Behaviour of Sn(S_{0.5}Te) Compound Semiconductor Thin Films and Schottky Diodes for Solar Cell Applications. *The Electrochemical Society.*

Ohring, Milton. (2012). *Materials Science of Thin Films Deposition and Structure.* 2nd.Ed. San Diego: Academic Press.

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

Vasudeva R. M. R et al. (2016). Prespective on SnSe-based Thin Film Solar Cells: a

Comprehensive Review. *Journal of Materials Science : Materials inElectronics, Volume 27, Issue 6.*

Lestari, Wahyu. (2016). Preparasi dan Karakterisasi Lapisan Tipis Sn(S_{0.5}Te_{0.5}) dengan Teknik Evaporasi Vakum. *Skripsi.* Yogyakarta: UNY

Wardani, Melinda et al. (2014). Pengaruh Temperatur terhadap Struktur Dunit Jorong Tongar Nagari Aur Kuning, Kecamatan Pasaman, Kabupaten Pasaman Barat Sumatra Barat. *Pilar of Physics, Volume 4.* Hlm. 19.

Wulandari, Eka. (2016). Struktur dan Komposisi Kimia Lapisan Tipis Sn(S_{0.4}Te_{0.6}) Hasil Preparasi dengan Teknik Evaporasi Vakum. *Skripsi.* Yogyakarta:UNY