

PENGARUH TEMPERATUR SUBSTRAT PADA KUALITAS KRISTAL LAPISAN TIPIS $\text{Sn}(\text{Se}_{0,8}\text{Te}_{0,2})$ HASIL PREPARASI DENGAN TEKNIK EVAPORASI VAKUM

THE EFFECT OF SUBSTRATE TEMPERATURE ON QUALITY OF CRYSTAL $\text{Sn}(\text{Se}_{0,8}\text{Te}_{0,2})$ THIN FILMS PREPARATION RESULT BY VACUUM EVAPORATION TECHNIQUE

Oleh :

Zainal Arifin. Ariswan

Zainaljm6@gmail.com¹, ariswan@uny.ac.id²

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menumbuhkan lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,8}\text{Te}_{0,2})$ dengan teknik evaporasi vakum pada berbagai variasi temperatur substrat untuk mempelajari karakterisasi struktur kristal, morfologi permukaan, dan komposisi kimia. Proses preparasi lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,8}\text{Te}_{0,2})$ dilakukan menggunakan teknik evaporasi vakum yang bekerja pada tekanan $\sim 10^{-5}$ mbar dengan melakukan variasi temperatur substrat sebanyak 3 kali, yaitu 150 °C, 250 °C, dan 350 °C. Setelah sampel lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,8}\text{Te}_{0,2})$ dihasilkan, kemudian sampel dikarakterisasi menggunakan XRD (*X-Ray Diffraction*) untuk mengetahui struktur kristal dan parameter kisi kristal, SEM (*Scanning Electron Microscopy*) untuk mengetahui morfologi permukaan kristal, dan EDAX (*Energy Dispersive Analysis X-Ray*) untuk mengetahui komposisi kimia. Hasil karakterisasi XRD berupa difaktogram menunjukkan bahwa kristal pada lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,8}\text{Te}_{0,2})$ yang terbentuk berstruktur ortorombik, dengan nilai parameter kisi pada sampel 1 $a = 11,39; b = 4,39; c = 4,37$, sampel 2 $a = 11,72; b = 4,28; c = 4,65$; dan sampel 3 $a = 11,42; b = 4,19; c = 4,46$. Hasil karakterisasi SEM memperlihatkan bahwa, kristal lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,8}\text{Te}_{0,2})$ sampel 3 memiliki keseragaman struktur, bentuk, dan warna butir kecil-kecil yang lebih teratur dibandingkan sampel 1 dengan diameter lapisan tipis sampel 1 0,299 μm dan sampel 3 0,295 μm . Berdasarkan hasil EDAX, lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,8}\text{Te}_{0,2})$ mengandung unsur Sn, Se, Te dengan persentase komposisi kimia pada sampel 1 Sn = 49,57%, Se = 44,46%, Te = 5,97% dan pada sampel 3 Sn = 49,66%, Se = 41,28%, Te = 9,06%. Perbandingan molaritas Sn : Se : Te pada sampel 1 1 : 0,89 : 0,12 dan sampel 3 1 : 0 : 83 : 0,18.

Kata kunci: lapisan tipis, teknik evaporasi vakum, struktur kristal

Abstrack

*This research aims to grow $\text{Sn}(\text{Se}_{0,8}\text{Te}_{0,2})$ thin films by vacuum evaporation technique at substrate temperature variations to study characterization of $\text{Sn}(\text{Se}_{0,8}\text{Te}_{0,2})$ thin films as semiconductor materials that includes characterization of the crystal structure, surface morphology, and chemical composition. The preparation process of $\text{Sn}(\text{Se}_{0,8}\text{Te}_{0,2})$ thin films were performed using vacuum evaporation technique that worked on pressure $\sim 10^{-5}$ mbar with three substrate temperature variations, i.e 150 °C, 250 °C, 350 °C. After thin films preparation had finished, samples were characterized by XRD (*X-Ray Diffraction*) to determinate the crystal structure and the lattice parameters, SEM (*Scanning Electron Microscopy*) to determine the surface morphology, and EDAX (*Energy Dispersive Analysis X-Ray*) to determine the chemical composition.*

The result of XRD characterization shows that diffractogram from crystalline of the $\text{Sn}(\text{Se}_{0,8}\text{Te}_{0,2})$ thin film had orthorhombic crystal structure with the values of lattice parameters, on sample 1 $a = 11,39$; $b = 4,39$; $c = 4,37$; sample 2 $a = 11,72$; $b = 4,28$; $c = 4,65$; and sample 3 $a = 11,42$; $b = 4,19$; $c = 4,46$. SEM characterization shows that sample 3 had uniformity of the shape, structure, and color of grains more organized than sample 1 with $0,299 \mu\text{m}$ thickness on sample 1 and $0,295 \mu\text{m}$ on sample 3. Based the result of EDAX, $\text{Sn}(\text{Se}_{0,8}\text{Te}_{0,2})$ thin films contained elements of Sn, Se, Te with the chemical composition percentages were Sn = 49,57%, Se = 44,46%, Te = 5,97% on sample 1 and Sn = 49,66%, Se = 41,28%, Te = 9,06% on sample 3. So, the molarity compositions of Sn : Se : Te on sample 1 were 1 : 0,89 : 0,12 and 1 : 0 : 83 : 0,18 on sample 3.

Keywords: thin films, vacuum evaporation technique, crystal structure

PENDAHULUAN

Krisis energi dan lingkungan akhir-akhir ini menjadi isu global. Kondisi ini mendorong dunia memanfaatkan sumber energi baru terbarukan (EBT). Indonesia memiliki Potensi Energi Baru Terbarukan (EBT) yang cukup besar diantaranya, mini/micro hydro sebesar 450 MW, Biomass 50 GW, energi surya $4,80 \text{ kWh/m}^2/\text{hari}$, energi angin 3-6 m/det dan energi nuklir 3 GW [1]. Dalam pemanfaatan energi surya, perlu dikembangkan suatu teknologi yang mampu mengubah energi matahari menjadi energi listrik. Teknologi ini dikenal dengan istilah sel surya [2].

Salah satu teknologi pembuatan sel surya adalah lapisan tipis, metode ini memiliki keunggulan semikonduktor sebagai lapisan tipis sel surya bisa dideposisi pada substrat yang lentur, sehingga menghasilkan piranti sel surya yang fleksibel. Selain menggunakan material dari silikon, sel surya lapisan tipis juga dibuat dari bahan semikonduktor lainnya yang memiliki efisiensi solar sel tinggi.

Salah satu bahan semikonduktor dalam penelitian adalah *Tin Selenide* (SnSe) dan *Tin Telluride* (SnTe). SnSe dapat digunakan dalam peralatan optoelektronik, sel surya, dan anoda untuk baterai lithium. Hasil penelitian Kumar et.al [3] SnSe memiliki *energy gap* sebesar 1,3 eV, sedangkan menurut G.H. Yue [4], SnTe memiliki *energy gap* sebesar 0,18 eV.

Dengan melihat besarnya *energy gap* SnSe dan SnTe, maka material perpaduan SnSeTe yang berbentuk lapisan tipis cocok digunakan sebagai bahan semikonduktor untuk aplikasi sel surya. Untuk mendapatkan lapisan tipis SnSeTe yang baik perlu adanya proses preparasi/penumbuhan yang disebut teknologi fabrikasi lapisan tipis.

Dalam penelitian ini fabrikasi lapisan tipis dilakukan dengan teknik evaporasi vakum yang merupakan kelompok *Physical Vapor Deposition* (PVD). Pada teknik ini, pemvakuman dilakukan untuk memperbesar ruang bebas molekul gas dan untuk menjaga tidak terjadi proses oksidasi. Metode ini memiliki beberapa kelebihan, yaitu hasil preparasi yang dihasilkan lebih baik dan merata pada permukaan substrat dan substrat hasil preparasi lebih tipis [5].

Parameter yang akan akan divariasi dalam penelitian ini adalah temperatur substrat. Setelah mendapatkan lapisan tipis, selanjutnya dilakukan karakterisasi untuk mengetahui struktur kristal menggunakan XRD (*X-Ray Diffraction*), mengetahui morfologi permukaan menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscopy*), dan mengetahui komposisi bahan yang terbentuk menggunakan EDAX (*Energy Dispersive Analysis X-Ray*).

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Januari 2017 sampai dengan Mei 2017 di Laboratorium Fisika Material UNY, Laboratorium Kimia Organik UNY, dan Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu UGM.

Langkah Penelitian

Penelitian ini meliputi dua tahap yaitu tahap preparasi dan tahap karakterisasi. Tahap preparasi merupakan tahap penumbuhan lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,8}\text{Te}_{0,2})$ menggunakan metode evaporasi vakum yang bekerja pada tekanan $\sim 10^{-5}$ mbar [6] dan dilakukan variasi temperatur substrat sebanyak 3 kali, yaitu 150 °C, 250 °C, dan 350 °C. Bahan pada *crucible* dipanaskan kemudian terdeposisi pada substrat kaca dan membentuk lapisan tipis. Tahap Karakterisasi dilakukan untuk mengetahui struktur kristal dengan XRD, mengetahui morfologi permukaan menggunakan SEM, dan mengetahui komposisi kimia lapisan tipis dengan EDAX.

Teknik Analisis Data

Hasil XRD berupa difraktogram, kemudian dilakukan pencocokan dengan data standard JCPDS sehingga diperoleh struktur kristal. Parameter kisi kristal ditentukan menggunakan metode analitik. Hasil SEM berupa foto yang memuat informasi mengenai ukuran butiran (*grain*) dan homogenitas permukaan. Hasil EDAX berupa spectrum yang memuat informasi tentang komposisi kimia sampel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

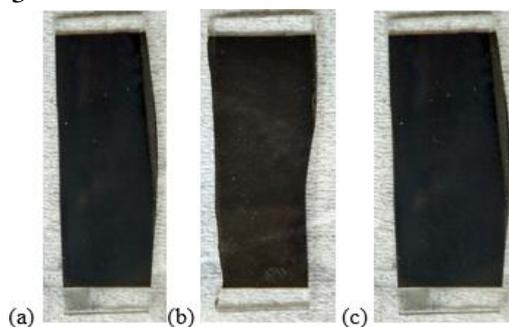
Proses deposisi dimulai dengan cara melakukan pemvakuman ruang di sekitar bahan dan substrat, kemudian melakukan pemanasan serbuk SnSeTe yang telah dimasukkan ke dalam cawan dengan perbandingan 1 : 0,8 : 0,2 hingga menguap dan terdeposisi pada substrat. Pemanasan dilakukan secara bertahap dengan mengatur besarnya tegangan pada *slide regulator* dalam waktu yang sudah ditentukan.

Tabel 1. Waktu dan tegangan pada *slide regulator*

Tegangan Crucible (Volt)	Waktu (menit)	Temperatur Substrat (°C)		
		Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
60	2	143	255	352
70	2	167	250	359
80	2	168	243	363
100	1	170	245	361

Hasil Preparasi Lapisan Tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,8}\text{Te}_{0,2})$

Penelitian ini menghasilkan tiga buah sampel lapisan tipis dengan temperatur substrat 150 °C untuk sampel 1, 250 °C untuk sampel 2, dan 350 °C untuk sampel 3

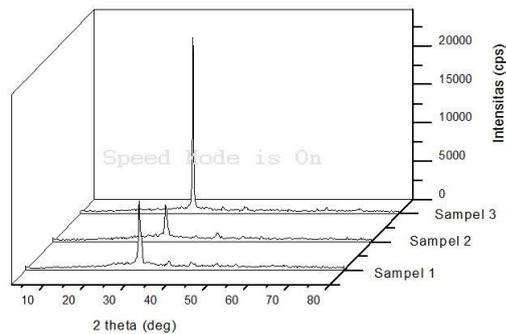


Gambar 1. Hasil Preparasi Lapisan Tipis (a) Sampel 1, (b) Sampel 2, dan (c) Sampel 3

Struktur Kristal dan Parameter Kisi Hasil XRD

Data yang diperoleh dari XRD berupa spectrum, kemudian spectrum yang

didapatkan dicocokkan dengan data standard JCPDS sehingga dapat ditentukan indeks miller pada puncak difraksi. Setelah dilakukan pencocokan diperoleh data yang paling cocok dengan sampel yaitu JCPDS Nomor 32-1382. Data menunjukkan bahwa sampel berada dalam grup ruang PNMA (62) dan mempunyai struktur ortorombik.



Gambar 2. Difraktogram Lapisan Tipis Sampel 1, Sampel 2, dan Sampel 3

Analisis Parameter Kisi

Penentuan parameter kisi $\text{Sn}(\text{Se}_{0,8}\text{Te}_{0,2})$ dilakukan menggunakan metode analitik dan diperoleh data perbandingan nilai parameter kisi lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,8}\text{Te}_{0,2})$ dengan JCPDS seperti pada tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan Parameter kisi $\text{Sn}(\text{Se}_{0,8}\text{Te}_{0,2})$ Sampel 1, 2, dan 3 dengan JCPDS

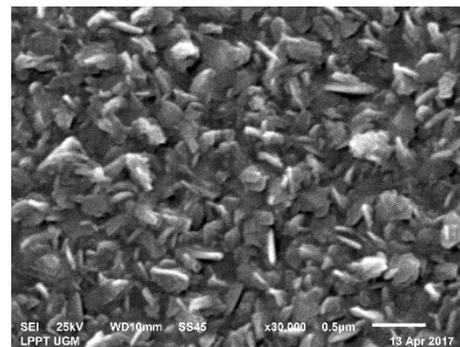
Paramet er kisi	Samp el 1	Samp el 2	Samp el 3	JCPD S
<i>a</i>	11,39	11,72	11,6	11,42
<i>b</i>	4,39	4,28	4,27	4,19
<i>c</i>	4,37	4,65	4,59	4,46

Ada perbedaan nilai parameter kisi ketiga sampel. Hal ini menunjukkan perbedaan temperatur substrat pada saat deposisi lapisan tipis, mempengaruhi nilai parameter kisi lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,8}\text{Te}_{0,2})$. Adanya unsur Te menyebabkan nilai parameter kisi mempunyai tren kenaikan dari JCPDS SnSe, kecuali pada sampel 1,

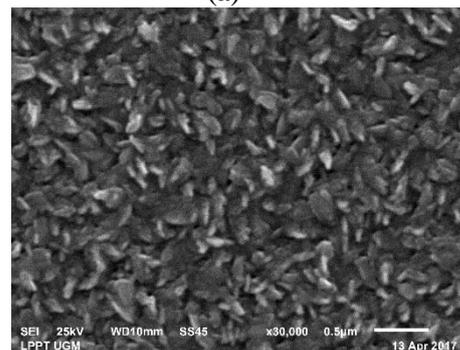
ini berarti proses penumbuhan lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,8}\text{Te}_{0,2})$ sebaiknya dilakukan di atas suhu 150 °C. Intensitas puncak difraktogram yang tinggi menunjukkan keteraturan atom pada lapisan tipis yang terbentuk juga semakin tinggi [7]. Sehingga dapat disimpulkan bahwa lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,8}\text{Te}_{0,2})$ sampel 3 dengan temperatur substrat 350 °C memiliki susunan atom lebih teratur daripada sampel 1 dan 2

Morfologi Permukaan Hasil SEM

SEM (*Scanning Electron Microscopy*) digunakan untuk mengetahui morfologi permukaan pada suatu material. Perbandingan morfologi permukaan sampel 1 dengan sampel 3 dapat dilihat dalam Gambar 3.



(a)



(b)

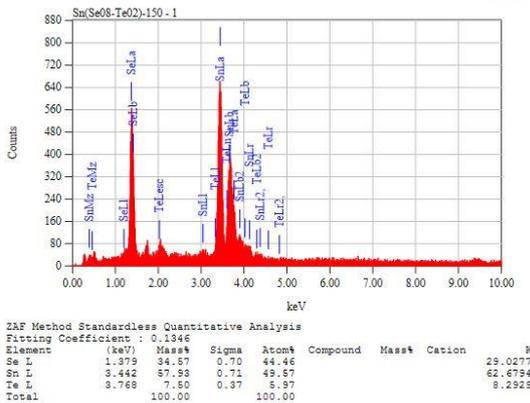
Gambar 3. Foto Morfologi Permukaan (a) Sampel 1, (b) Sampel 3 dengan Perbesaran 30.000 kali

Berdasarkan foto hasil analisis SEM untuk lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,8}\text{Te}_{0,2})$ pada Gambar 3 dengan perbesaran 30.000 kali, sudah menunjukkan *grain*. Dari perbandingan foto morfologi permukaan dari sampel 1 dan 3, terlihat bahwa sampel

3 memiliki keseragaman struktur, bentuk, dan warna butir kecil-kecil yang lebih teratur dibandingkan sampel 1. Sehingga dapat dikatakan sampel 3 lebih homogen dibandingkan sampel 1. Didapatkan diameter rata-rata partikel lapisan tipis sampel 1, $\bar{D} = 0,299 \mu\text{m}$ dan sampel 3, $\bar{D} = 0,295 \mu\text{m}$.

Komposisi Kimia Hasil EDAX

EDAX (*Energy Dispersive Analysis X-Ray*) merupakan alat yang digunakan untuk mengetahui komposisi kimia lapisan tipis Sn(Se_{0,8}Te_{0,2}). Hasil EDAX yang diperoleh pada lapisan tipis Sn(Se_{0,8}Te_{0,2}) untuk sampel 1 ditunjukkan dalam bentuk spektrum pada Gambar 5.



Gambar 4. Grafik antara Intensitas dengan Energi Lapisan Tipis Sn(Se_{0,8}Te_{0,2}) Sampel 1

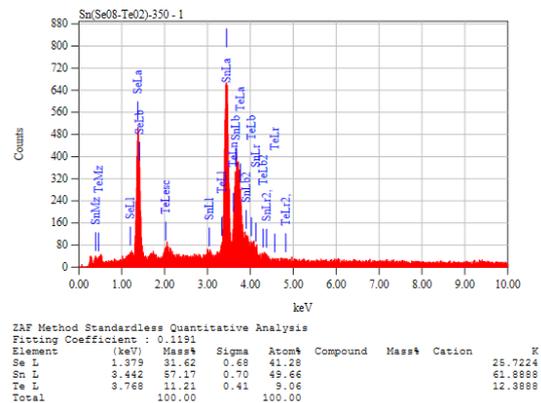
Berdasarkan hasil karakterisasi EDAX, dapat diketahui bahwa preparasi lapisan tipis Sn(Se_{0,8}Te_{0,2}) sampel 1 mengandung unsur penyusun yaitu *Stannum* (Sn), *Selenide* (Se), *Tellurium* (Te) serta dapat diketahui komposisi kimia bahan dasarnya yaitu, unsur Sn = 49,57%, Se = 44,46%, Te = 5,97%. Perbandingan molaritas Sn, Se, Te dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan Molaritas Unsur Sn, Se, Te sampel 1 secara Teori dan Eksperimen

Perbandingan Molaritas Unsur (Teori)			Perbandingan Molaritas Unsur (Eksperimen)		
Sn	Se	Te	Sn	Se	Te
1	0,8	0,2	1	0,89	0,12

Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa perbandingan molaritas unsur secara teori adalah 1 : 0,8 : 0,2 sedangkan menurut eksperimen 1 : 0,89 : 0,12 sehingga ada perbedaan antara perbandingan molaritas unsur secara teori dengan eksperimen hal ini menunjukkan bahwa bahan tersebut mengalami *non stoichiometry*, yang artinya tidak menempelnya dengan sempurna uap pada substrat.

Kemudian hasil karakterisasi EDAX untuk sampel 3 pada Gambar 6



Gambar 5. Grafik antara Intensitas dengan Energi Lapisan Tipis Sn(Se_{0,8}Te_{0,2})

Sampel 1 dengan Teknik Evaporasi Vakum

Berdasarkan hasil karakterisasi EDAX, dapat diketahui bahwa preparasi lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,8}\text{Te}_{0,2})$ sampel 3 mengandung unsur penyusun yaitu *Stannum* (Sn), *Selenide* (Se), *Tellurium* (Te) serta dapat diketahui komposisi kimia bahan dasarnya yaitu, unsur Sn = 49,66%, Se = 41,28%, Te = 9,06%. Perbandingan molaritas Sn, Se, Te dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan Molaritas Unsur Sn, Se, Te sampel 3 secara Teori dan Eksperimen

Perbandingan Molaritas Unsur (Teori)			Perbandingan Molaritas Unsur (Eksperimen)		
Sn	Se	Te	Sn	Se	Te
1	0,8	0,2	1	0,83	0,18

Dari Tabel 3 dapat dilihat bahwa perbandingan molaritas unsur secara teori adalah 1 : 0,8 : 0,2 sedangkan menurut eksperimen 1 : 0,83 : 0,18 sama seperti sampel 1, sampel 3 juga ada perbedaan antara perbandingan molaritas unsur secara teori dengan eksperimen. Akan tetapi, pada sampel 3 selisih perbandingan molaritas eksperimen dengan teori sangat kecil sehingga dapat dikatakan sampel 3 lebih baik dibandingkan sampel 1.

KESIMPULAN

Penelitian tentang pengaruh temperatur substrat pada kualitas kristal lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,8}\text{Te}_{0,2})$ hasil preparasi dengan teknik evaporasi vakum yang mempengaruhi kualitas kristal yang terbentuk, sampel 3 menghasilkan kristal yang lebih baik dibandingkan sampel 1 dengan t dan sampel 2. Hal ini ditunjukkan dengan puncak difraktogram sampel 3 yang lebih tinggi dibanding sampel 1 dan sampel 2. Puncak difraktogram yang tinggi menunjukkan susunan atom lapisan tipis semakin teratur. Hasil karakterisasi XRD menunjukkan bahwa lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,8}\text{Te}_{0,2})$ berstruktur ortorombik dengan nilai parameter kisi pada sampel 1 $a = 11,39; b = 4,39; c = 4,37$; sampel 2 $a = 11,72; b = 4,28; c = 4,65$, dan sampel 3 $a = 11,42; b = 4,19; c = 4,46$. Berdasarkan hasil karakterisasi SEM lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,8}\text{Te}_{0,2})$ dapat dilihat bahwa morfologi permukaan yang tersusun atas butiran-butiran (*grain*) pada sampel 3 memiliki struktur, bentuk yang lebih teratur dibandingkan sampel 1 dengan diameter rata-rata partikel untuk 0,295 μm untuk sampel 3 dan 0,299 μm sampel 1. Berdasarkan hasil EDAX dapat diketahui bahwa lapisan tipis $\text{Sn}(\text{Se}_{0,8}\text{Te}_{0,2})$ mengandung unsur *Stannum* (Sn), *Selenide* (Se), *Tellurium* (Te) dengan perbandingan molaritas 1 : 0,89 : 0,12 untuk sampel 1. Untuk sampel 3 dengan perbandingan molaritas 1 : 0,83 : 0,18. Sedangkan perbandingan secara teoritis adalah 1 : 0,8 : 0,2. Jadi, sampel 3 memiliki perbandingan lebih baik dibandingkan sampel 1.

Daftar Pustaka

- [1] Kosonen, Kaisa. (2014). *Energi Terbarukan*. Diakses dari www.greenpeace.org pada tanggal 7 Desember 2016 pukul 21.05 WIB.
 - [2] Yulianto, Brian. (2011). *Potensi Energi Terbarukan Indonesia*. Diakses dari www.edm.go.id pada tanggal 7 Desember 2016 pada pukul 21.20 WIB
 - [3] Kumar, et.al. (2012). *Effect of Film Thickness on Optical Properties of Tin Selenide Thin Films Prepared by Thermal Evaporation for Photovoltaic Applications*.
 - [4] G.H. Yue, D.L. Peng, P.X. Yan, L.S. Wang, X.H. Luo, J. Alloys Compd. 468 (2009) 254e257
 - [5] Bo, Na Peng, & Ariswan. (2004). *Teknologi Vakum*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta
 - [6] Ariswan. (2014). *Structural, Chemical Composition and Optical Properties CdTe Fabricated by Vacuum Evaporation Technique*.
 - [7] Ohring, Milton. (2002). *Material Science of Thin Films Deposition and Structure*. 2nd.ed. Sn Diego: Academia Press.
-