

**STUDI PENGARUH SUHU SUBSTRAT TERHADAP SIFAT LISTRIK DAN OPTIK BAHAN SEMIKONDUKTOR LAPISAN TIPIS SnS HASIL PREPARASI TEKNIK VAKUM EVAPORASI**

***STUDY OF THE EFFECT OF SUBSTRATE TEMPERATURE ON THE OPTICAL AND ELECTRICAL PROPERTIES OF SnS THIN FILMS SEMICONDUCTOR PREPARED USING VACUUM EVAPORATION TECHNIQUE***

**Oleh : Rully Fakhry Muhammad<sup>1</sup>, Tjipto Sujitno<sup>2</sup>, Ariswan<sup>3</sup>**

**1) Mahasiswa Program Studi Fisika FMIPA UNY**

**2) Peneliti, PSTA-BATAN Yogyakarta**

**3) Dosen Program Studi Fisika FMIPA UNY**

**e-mail : [rullyfakhrymuhammad@gmail.com](mailto:rullyfakhrymuhammad@gmail.com)**

**Abstrak**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi suhu substrat terhadap sifat optik dan listrik lapisan tipis *Tin Sulfide* (SnS) hasil preparasi menggunakan teknik vakum evaporasi. Sampel berupa lapisan tipis SnS hasil preparasi menggunakan metode vakum evaporasi pada tekanan  $2 \times 10^{-5}$  mbar, berat bahan 0,250 gram, spacer 15 cm. dan pada berbagai variasi suhu *substrat* yaitu pada tanpa suhu substrat, 250 °C, 350 °C, 500 °C dan 550 °C. Karakterisasi sifat listrik dilakukan menggunakan probe empat titik (FPP, *four point probe*) sedang sifat optik lapisan tipis dikarakterisasi menggunakan spectroscopy UV-Vis. Hasil karakterisasi FPP menunjukkan bahwa lapisan tipis SnS merupakan semikonduktor tipe P dengan resistivitas sebesar  $0,466 \times 10^3 \Omega\text{-cm}$ , resistansi sebesar  $1,837 \times 10^5 \Omega$  untuk suhu 500 °C dan resistivitas sebesar  $0,360 \times 10^3 \Omega\text{-cm}$ , resistansi sebesar  $1,421 \times 10^5 \Omega$  untuk suhu 550 °C. Dari data pengukuran sifat optik menggunakan UV-Vis, untuk substrat tanpa pemanasan substrat, 250°C, 350°C, 500°C dan 550°C diperoleh energi gap 1,65 eV, 1,63 eV, 1,65 eV, 1,65 eV dan 1,66 eV

Kata kunci: Lapisan tipis semikonduktor Sns, metode evaporasi, energy gap

**Abstract**

The aim of this research is to investigate the influence of substrate temperature on the optical and electrical properties of tin sulfide (SnS) thin film prepared using vacuum evaporation technique. The sample was thin film of SnS which is produced by vacuum evaporation process at  $2 \times 10^{-5}$  mbar of pressure, the material weight was 0,250 gram, the used spacer was 15 cm, and for various of substrate temperature such as *unheated substrate*, 250°C, 350 °C, 500 °C and 550 °C. Characterization of electrical properties were measured by four point probe (FPP), while optical properties were measured by using spectroscopy UV-Vis. The result of FPP characterization showed that SnS tin film was included to P-Type of semiconductor with  $0,466 \times 10^3 \Omega\text{-cm}$  of resistivity,  $1,837 \times 10^5 \Omega$  of resistance for 500 °C and resistivity was  $0,360 \times 10^3 \Omega\text{-cm}$ , resistance was  $1,421 \times 10^5 \Omega$ . From the data of optical properties measurement using UV-Vis, substrate unheating, 250°C, 350°C, 500°C and 550°C has 1,65 eV, 1,63 eV, 1,65 eV, 1,65 eV and 1,66 eV of gap energy

*Keywords: SnS thin film semiconductor, evaporation methods, and gap energy.*

## PENDAHULUAN

Dalam perkembangan ilmu fisika khususnya dalam fisika material dan elektronika memegang peranan penting dalam memacu perkembangan dunia teknologi dewasa ini. Teknologi sel surya (*photovoltaic*) merupakan teknologi yang mampu mengubah energi surya menjadi energi listrik dengan menggunakan piranti semikonduktor yang mempunyai sambungan p-n (*p-n junction*). Semikonduktor adalah bahan yang sifat-sifat kelistrikannya terletak antara sifat-sifat konduktor dan isolator. Sifat-sifat kelistrikan konduktor maupun isolator tidak mudah berubah oleh pengaruh temperatur, cahaya atau medan magnet, tetapi pada semikonduktor sifat-sifat tersebut sangat sensitip. Dalam mempelajari elektronika kita mengenal semikonduktor tipe p dan tipe n. Kedua jenis semikonduktor tersebut merupakan bahan dari pembuatan komponen seperti dioda dan transistor. Salah satu piranti semikonduktor adalah *teen sulfide* (SnS)

SnS merupakan perpaduan dari dua unsur senyawa kimia yaitu timah (Sn) dan sulfida (S) dengan rumus kimia SnS. SnS adalah bahan semikonduktor dengan presentase unsur Sn sebesar 78,73% dan unsur S sebesar 21,27%. Timah atau Sn merupakan logam perak keputih-putihan yang lunak dan termasuk dalam golongan IV pada tabel berkala memiliki nomor atom 50. Massa atom relatif ( $A_r$ ) dari timah ini adalah

118,710 gram/mol, titik leburnya 505,05 K (291,9°C) dan titik didihnya 2543,15 K (2270°C). Timah mempunyai bilangan oksidasi 4, 2 dan -4. Struktur kristal dari Sn adalah tetragonal. Semikonduktor dengan bahan dasar Sn sangat cocok sebagai pencegah korosi untuk pelindung logam lain (Winter, 2015). SnS adalah material semikonduktor tipe p yang memiliki struktur kristal ortorhombic dan energi *gap*-nya 1,3 - 1,83 eV (Kusumawati, 2015).

Pada penelitian ini dilakukan pembuatan lapisan tipis SnS yang dideposisikan pada substrat kaca dengan teknik vakum evaporasi. Parameter yang akan divariasi dalam penelitian ini untuk mendapatkan lapisan tipis yang baik yaitu suhu substrat.

Suhu substrat saat proses evaporasi berperan dalam merenggangkan susunan atom sehingga atom-atom yang menguap dari target lebih mudah masuk dan menempati posisi intersisi atau kekosongan pada batas butir untuk membentuk lapisan tipis (Van Vlack, 2004). Hal ini akan menyebabkan atom-atom semakin kuat menempel pada substrat. Kemudian lapisan tipis SnS dikarakterisasi sifat listrik dan optiknya. Dalam pembuatan lapisan tipis SnS divariasi suhu agar diperoleh pengaruh suhu terhadap sifat listrik dan optik lapisan tipis SnS. Dari informasi tersebut, diharapkan akan membentuk bahan baru yang memiliki kualitas sifat listrik dan optik lebih baik

dibandingkan dengan bahan-bahan yang sudah ada.

**Metode Penelitian**

Pada makalah ini disajikan hasil pembuatan lapisan tipis SnS yang dideposisikan pada substrat kaca dengan teknik evaporasi hampa. Kemudian lapisan tipis SnS dikarakterisasi sifat listrik dan optiknya masing masing menggunakan probe empat titik (FPP, *four point probe*). Dalam pembuatan lapisan tipis SnSe, jarak sumber ke substrat dibuat tetap sedang temperatur substrat divariasi, hal ini dimaksudkan agar diperoleh karakteristik lapisan tipis yang optimum.

Sifat listrik pada lapisan tipis ini diamati dengan menggunakan *Four Point Probe* (FPP) sedang sifat optik dapat diamati dengan menggunakan UV-Vis. Dari pengukuran sifat listrik diperoleh informasi mengenai resistivitas, resistansi maupun tipe konduksinya dari lapisan tipis yang terbentuk. Sedang dari data pengamatan sifat optik menggunakan UV-Vis diperoleh informasi tentang sifat absorbansi, reflektansi maupun transmitansi dari lapisan. Kemudian dari data ini dan setelah diolah menggunakan metode *taue plot* dengan bantuan software *Origin 5.0* diperoleh energi gap dari bahan SnS.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada penelitian ini dihasilkan lima sampel lapisan tipis SnS atau *Timah Sulfide* dengan menggunakan metode evaporasi

vakum. Dalam percobaan ini bahan SnS yang dievaporasikan seberat 0,250 gram, jarak substrat ke bahan sekitar 15 cm. Kemudian bahan yang berupa serbuk SnS ditaruh pada cawan/cawan/mangkok/boat yang terbuat dari molebdenum atau tantalum yang berada dalam tabung hampa. Setelah itu, tabung dihampakan hingga  $2 \times 10^{-5}$  mbar. Kelima sampel tersebut diperoleh pada kondisi tanpa pemanasan substrat, suhu 200°C, suhu 300°C, suhu 500°C dan suhu 550°C.

Proses karakterisasi sifat listrik lapisan tipis dilakukan menggunakan probe empat titik (FPP), sedang karakterisasi sifat optik dilakukan dengan menggunakan spektroskopi UV-Vis.

Untuk menentukan energi gap digunakan metode *taue plot*. Untuk mencari nilai  $E_g$  digunakan hubungan absorbansi terhadap energi, seperti berikut :

$$\alpha hv = B (hv - E_g)^n \text{ dengan } n = \frac{1}{2} \tag{1}$$

$$\alpha hv = B (hv - E_g)^{\frac{3}{2}} \tag{2}$$

$$(\alpha hv)^2 = B (hv - E_g) \tag{3}$$

$$(\alpha hv)^2 = 0 \tag{4}$$

$$B = 1 \tag{5}$$

$$hv = E_g \tag{6}$$

Penentuan celah pita optik dengan metode *taueplot* dilakukan dengan menarik garis secara ekstrapolasi pada daerah linier dari grafik hubungan antara absorbansi

dengan energi hingga memotong sumbu energi. Perpotongan antara hasil ekstrapolasi dengan sumbu inilah yang menunjukkan celah pita optik dari lapisan tipis tersebut (Setiawan Aep, 2008).

**Sifat listrik lapisan tipis SnS**

Hasil pengukuran karakterisasi sifat listrik lapisan tipis SnSe untuk sampel yang diperoleh pada tanpa pemanasan substrat, sebesar 250 °C, 350°C, 500°C dan 500°C disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengukuran karakteristik sifat listrik lapisan tipis SnS.

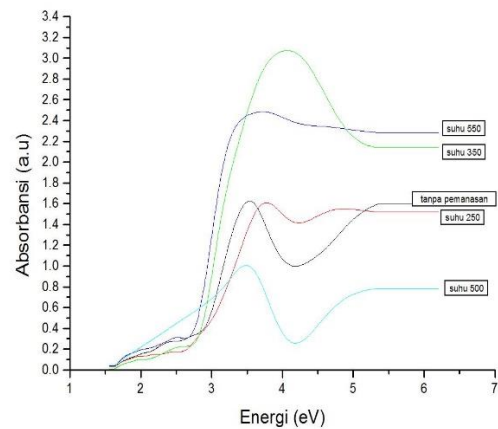
Suhu Substrat (°C)	Pengukuran ke	Posisi Pengukuran				Tipe
		Tegak		Melintang		
		R (x 10 <sup>5</sup> Ω)	ρ (x 10 <sup>3</sup> Ω-cm)	R (x 10 <sup>5</sup> Ω)	ρ (x 10 <sup>3</sup> Ω-cm)	
tanpa pemanasan	1	-	-	-	-	P
	2	-	-	-	-	
	3	-	-	-	-	
250	1	-	-	-	-	
	2	-	-	-	-	
	3	-	-	-	-	
350	1	-	-	-	-	
	2	-	-	-	-	
	3	-	-	-	-	
500	1	1,899	0,482	1,808	0,459	
	2	1,825	0,464	1,828	0,464	
	3	1,821	0,462	1,843	0,468	
550	1	1,253	0,318	1,537	0,390	
	2	1,266	0,322	1,585	0,402	
	3	1,267	0,322	1,619	0,411	

Nilai resistansi untuk sampel yang diperoleh pada tanpa pemanasan substrat, pada suhu substrat 250°C dan pada suhu substrat 350°C tidak dapat terdeteksi oleh FPP dikarenakan sampel tersebut terlalu tipis sehingga sensor pada FPP hanya mendeteksi

pada kaca substrat. dengan resistivitas sebesar 0,467 x 10<sup>3</sup>Ω-cm resistansi sebesar 1,833 x 10<sup>5</sup>Ω substrat yang dipanasi pada suhu 500 °C dan resistivitas sebesar 0,361 x 10<sup>3</sup>Ω-cm resistansi sebesar 1,421 x 10<sup>5</sup>Ω untuk substrat yang dipanasi pada suhu 550 °C.

**Sifat optik lapisan tipis SnSe**

Hasil karakterisasi sifat optik untuk sampel yang substratnya tidak dipanasi, dipanasi pada suhu 250°C, 350°C, 500°C dan 550°C.



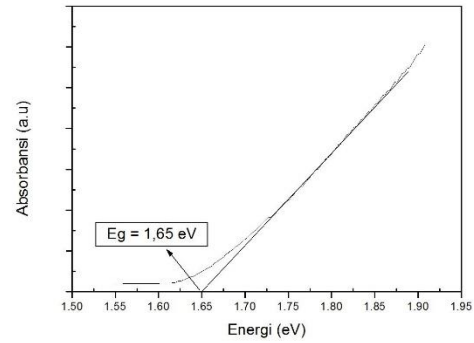
Gambar 1. Grafik hubungan antara absorbansi dan energi sampel SnS.

Gambar 1 diperoleh informasi bahwa karakter absorbansi optik untuk lapisan tipis SnS pada suhu substrat 350°C mempunyai nilai absorbansi maksimum sebesar 3,08 pada panjang gelombang 0,04 μm, sedangkan nilai absorbansi minimumnya terdapat pada suhu substrat 350°C dengan nilai absorbansi 0,009 pada panjang gelombang 137,78 μm. Karena lapisan tipis yang terbentuk sangat tebal sehingga cahaya yang terabsorpsi

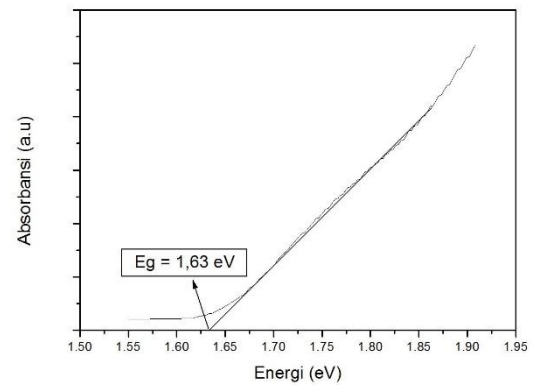
semakin besar dan semakin sedikit cahaya yang ditransmisikan.

Untuk menentukan besarnya celah energi bahan peneliti menggunakan metode *touch plot* dengan bantuan software Ms. Origin 5.0. Berikut disajikan plot untuk menentukan lebar celah optik atau energi gap. Untuk sampel tanpa pemanasan substrat ditunjukkan oleh Gambar 1. Untuk sampel suhu substrat 250°C ditunjukkan oleh Gambar 2. Untuk sampel suhu substrat 350°C ditunjukkan oleh Gambar 3. Untuk sampel suhu substrat 500°C ditunjukkan oleh Gambar 4. Untuk sampel suhu substrat 550°C ditunjukkan oleh Gambar 5.

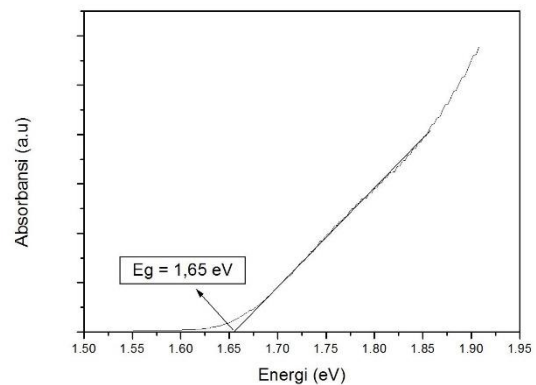
Dari data hasil pengukuran dan karakterisasi sifat optik (*absorbance*) untuk substrat yang tidak dipanasi diperoleh energi gap sebesar 1,65 eV, untuk substrat yang dipanasi pada temperatur 250°C diperoleh energi gap sebesar 1,63 eV, untuk substrat yang dipanasi pada temperatur 350°C diperoleh energi gap sebesar 1,65 eV, untuk substrat yang dipanasi pada temperatur 500°C diperoleh energi gap sebesar 1,65 eV, untuk substrat yang dipanasi pada temperatur 550°C diperoleh energi gap sebesar 1,66 eV. Hasil pengukuran karakteristik optik dalam penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 2.



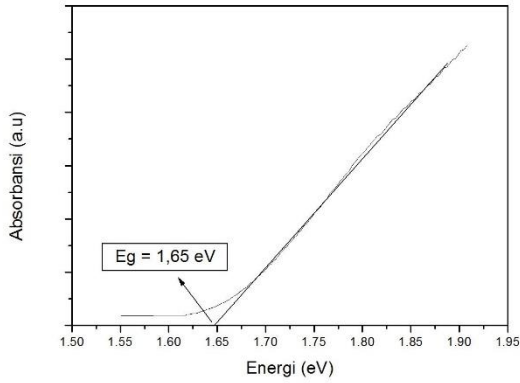
Gambar 2. Grafik koefisien aborbansi terhadap energi foton untuk lapisan tipis bahan semikonduktor SnS yang diperoleh pada substrat tanpa pemanasan.



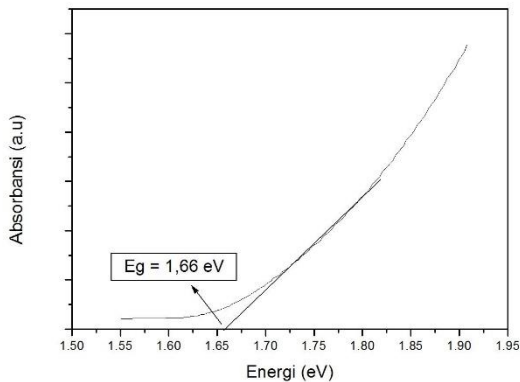
Gambar 3. Grafik koefisien aborbansi terhadap energi foton untuk lapisan tipis bahan semikonduktor SnS yang diperoleh pada suhu substrat 250°C.



Gambar 4. Grafik koefisien aborbansi terhadap energi foton untuk lapisan tipis bahan semikonduktor SnS yang diperoleh pada suhu substrat 350°C.



Gambar 5. Grafik koefisien absorbansi terhadap energi foton untuk lapisan tipis bahan semikonduktor SnS yang diperoleh pada suhu substrat 500<sup>0</sup> C.



Gambar 6. Grafik koefisien absorbansi terhadap energi foton untuk lapisan tipis bahan semikonduktor SnS yang diperoleh pada suhu substrat 550<sup>0</sup> C.

**Tabel 2.** Hasil pengukuran karakteristik optik lapisan tipis SnSe

Suhu Substrat	Energi (eV) referensi	Energi (eV) hasil
Tanpa pemanas	1,3 - 1,83	1,65
250 °C	1,3- 1,83	1,63
350 °C	1,3 - 1,83	1,65
500 °C	1,3 - 1,83	1,65
550 °C	1,3 - 1,83	1,66

## KESIMPULAN

Dari hasil percobaan yang telah dilakukan dan setelah dilakukan karakterisasi sifat listrik maupun sifat optik dapat disimpulkan bahwa;

1. Hasil karakterisasi sifat listrik menggunakan FPP (Four Point Probe) menunjukkan bahwa lapisan tipis Tin Sulfide (SnS) yang terbentuk merupakan semikonduktor tipe P dimana semakin tinggi suhu maka semakin rendah nilai resistivitasnya, dengan resistivitas sebesar  $0,467 \times 10^3 \Omega\text{-cm}$  resistansi sebesar  $1,833 \times 10^5 \Omega$  substrat yang dipanasi pada suhu 500 °C dan resistivitas sebesar  $0,361 \times 10^3 \Omega\text{-cm}$  resistansi sebesar  $1,421 \times 10^5 \Omega$  untuk substrat yang dipanasi pada suhu 550 °C.
2. Dari data hasil pengukuran dan karakterisasi sifat optik (*transmittance, absorbance, dan reflectance*) untuk substrat yang tidak dipanasi diperoleh energi gap sebesar 1,65 eV, untuk substrat yang dipanasi pada temperatur 250°C diperoleh energi gap sebesar 1,63 eV, untuk substrat yang dipanasi pada temperatur 350°C diperoleh energi gap sebesar 1,65 eV, untuk substrat yang dipanasi pada temperatur 500°C diperoleh energi gap sebesar 1,65 eV, untuk substrat yang dipanasi pada

3. temperatur 550°C diperoleh energi gap sebesar 1,66 eV.

#### DAFTAR PUSTAKA

Kusumawati, Ira (2015). Preparasi dan Karakterisasi Lapisan Tipis SnS Hasil Preparasi dengan Teknik Vakum Evaporasi untuk Aplikasi Sel Surya. Skripsi. Yogyakarta: FMIPA UNY.

Setiawan, A. (2008). Uji Sifat Listrik dan Optik Ba<sub>0.25</sub>Sr<sub>0.75</sub>TiO<sub>3</sub> yang Didadah Niobium (BSNT) Ditumbuhkan di Atas Substrat Silikon

Tipe-P dan Gelas Korning dengan Penerapannya sebagai Fotodiode. Fisika. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

Vlack, Van. (2004). *Elemen – elemen & Ilmu Rekayasa Material*. Jakarta : Erlangga.

Winter, Mark. (2015). *Tin*. Diakses dari [http://www.webelements.com/compounds/tin/tin\\_sulfide.html](http://www.webelements.com/compounds/tin/tin_sulfide.html). pada tanggal 16 Juni 2015, Jam 15.35 WIB.