

**PENENTUAN BAND GAP DAN KONDUKTIVITAS BAHAN SEMIKONDUKTOR LAPISAN TIPIS  $\text{Sn}(\text{S}_{0,8}\text{Te}_{0,2})$  DAN  $\text{Sn}(\text{S}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$  HASIL PREPARASI DENGAN TEKNIK EVAPORASI TERMAL**

**DETERMINATION OF BAND GAP AND CONDUCTIVITY OF  $\text{Sn}(\text{S}_{0,8}\text{Te}_{0,2})$  AND  $\text{Sn}(\text{S}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$  SEMICONDUCTOR THIN FILM MATERIALS PREPARED USING THERMAL EVAPORATION TECHNIQUE**

Oleh:

Tyas Puspitaningrum, Tjipto Sujitno, dan Ariswan

Tyas.pningrum@yahoo.co.id

**Abstrak**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui besarnya *band gap* dan konduktivitas bahan semikonduktor lapisan tipis  $\text{Sn}(\text{S}_{0,8}\text{Te}_{0,2})$  dan  $\text{Sn}(\text{S}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$  hasil preparasi dengan teknik evaporasi termal. Penelitian ini dimulai dari pembuatan lapisan tipis  $\text{Sn}(\text{S}_{0,8}\text{Te}_{0,2})$  dan  $\text{Sn}(\text{S}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$  menggunakan metode evaporasi termal pada tekanan  $2 \times 10^{-5}$  mbar. Hasil uji UV-Vis yang diolah menggunakan metode *taue plot* dengan bantuan software Ms. Origin 50 diperoleh *band gap* lapisan tipis  $\text{Sn}(\text{S}_{0,8}\text{Te}_{0,2})$  sebesar 1,25 eV dan *band gap* lapisan tipis  $\text{Sn}(\text{S}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$  sebesar 0,85 eV. Hasil uji sifat listrik menggunakan FPP menunjukkan nilai konduktivitas untuk sampel  $\text{Sn}(\text{S}_{0,8}\text{Te}_{0,2})$  yang dibuat pada spacer 10 cm sebesar  $12,739 (\Omega \cdot \text{cm})^{-1}$ . spacer 15 cm nilai konduktivitasnya sebesar  $0,545 (\Omega \cdot \text{cm})^{-1}$ . Untuk spacer 25 cm nilai konduktivitasnya sebesar  $1,721 (\Omega \cdot \text{cm})^{-1}$ . sampel  $\text{Sn}(\text{S}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$  suhu  $250^\circ\text{C}$  nilai konduktivitasnya sebesar  $0,536 (\Omega \cdot \text{cm})^{-1}$ . suhu  $300^\circ\text{C}$  nilai konduktivitasnya sebesar  $0,543 (\Omega \cdot \text{cm})^{-1}$ . suhu  $350^\circ\text{C}$  nilai konduktivitasnya sebesar  $1,269 (\Omega \cdot \text{cm})^{-1}$  dan tipe konduksi dari lapisan yang dibuat adalah tipe P.

**Kata Kunci:** *band gap*, konduktivitas, evaporasi, tipe P

**Abstract**

*The aims of this research are to determine the band gap and the conductivity of  $\text{Sn}(\text{S}_{0,8}\text{Te}_{0,2})$  and  $\text{Sn}(\text{S}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$  semiconductor thin film materials prepared by using thermal evaporation techniques. This research is initiated by fabrication of  $\text{Sn}(\text{S}_{0,8}\text{Te}_{0,2})$  and  $\text{Sn}(\text{S}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$  thin film on glass substrate by using thermal evaporation techniques. at  $2 \times 10^{-5}$  mbar of pressure. UV-Vis result then analyzed using *taue plot* method and Ms. Origin 50 software, it's found that the band gap of  $\text{Sn}(\text{S}_{0,8}\text{Te}_{0,2})$  thin film is 1.25 eV and 0.85 eV for  $\text{Sn}(\text{S}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$  thin film. Electrical characterisation, it's found that the conductivity of  $\text{Sn}(\text{S}_{0,8}\text{Te}_{0,2})$  thin film are  $12.739 (\Omega \cdot \text{cm})^{-1}$ ,  $0.545 (\Omega \cdot \text{cm})^{-1}$ ,  $1.721 (\Omega \cdot \text{cm})^{-1}$  for spacer of 10 cm, 15 cm and 25 cm. respectively. For  $250^\circ\text{C}$ ,  $300^\circ\text{C}$  and  $350^\circ\text{C}$  of temperature the conductivity are  $0,536 (\Omega \cdot \text{cm})^{-1}$ ,  $0,543 (\Omega \cdot \text{cm})^{-1}$ , and  $1,269 (\Omega \cdot \text{cm})^{-1}$  respectively and the type of thin film is P type.*

**Keywords:** *band gap*, conductivity, evaporation, P type

## I. PENDAHULUAN

Dalam perkembangan dunia yang sangat modern ini penggunaan listrik sangat meningkat. Ilmu fisika khususnya fisika material dan elektronika memiliki peran penting. Teknologi sel surya merupakan teknologi yang dapat menghasilkan energi listrik dengan menggunakan piranti semikonduktor yang memiliki sambungan p-n.

Semikonduktor adalah bahan yang bersifat setengah konduktor karena energi gap yang dibentuk oleh struktur bahan ini lebih sempit dari energi gap bahan isolator tetapi lebih lebar dari energi gap bahan konduktor. Semikonduktor memiliki konduktivitas listrik yang berada di antara isolator dan konduktor. Konduktivitas semikonduktor berkisar antara  $10^3$  sampai  $10^{-8} (\Omega\text{cm})^{-1}$ . Efisiensi energi gap pada semikonduktor berkisaran 1-2 eV[1].

Bahan SnS memiliki *band gap* sebesar 1,5 eV[2], sedangkan bahan SnTe memiliki *band gap* 0,35 eV [5]. Pemberian doping Tellurium (Te) pada SnS dilakukan karena unsur Sulfur dan Tellurium berada pada kolom periodik yang

sama diharapkan dapat menurunkan energi gap dari bahan SnS. Bahan semikonduktor  $\text{Sn}(\text{S}_{0,8}\text{Te}_{0,2})$  dan  $\text{Sn}(\text{S}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$  diharapkan menghasilkan *band gap* dengan *range* 0,35 eV- 1,5 eV sehingga dapat diaplikasikan untuk sel surya. Semikonduktor dengan *band gap* antara 1,1 eV sampai 1,8 eV terbukti efektif digunakan pada sel surya [3]

Proses penumbuhan atau preparasi dengan fabrikasi lapisan tipis digunakan untuk mendapatkan hasil lapisan tipis yang baik. Salah satu teknik penumbuhan lapisan tipis yang dilakukan adalah dengan teknik evaporasi vakum [4].

Pada penelitian ini dilakukan pembuatan lapisan tipis  $\text{Sn}(\text{S}_{0,8}\text{Te}_{0,2})$  dan  $\text{Sn}(\text{S}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$  yang dideposisikan pada substrat kaca dengan teknik vakum evaporasi termal. Parameter yang divariasi dalam penelitian ini untuk mendapatkan lapisan tipis yang baik yaitu suhu substrat dan spacer (jarak materil sumber dengan substrat). Suhu substrat saat proses evaporasi berperan dalam merenggangkan susunan atom. Hal ini akan menyebabkan atom-atom semakin kuat menempel pada

substrat. Pembuatan lapisan tipis  $\text{Sn}(\text{S}_{0,8}\text{Te}_{0,2})$  dan  $\text{Sn}(\text{S}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$  bertujuan untuk mengetahui besarnya *band gap* dan konduktivitas lapisan tipis tersebut. Untuk mengetahui besar *band gap* pada lapisan tipis ini diamati dengan menggunakan *Spectroscopy* UV-Vis dan untuk mengetahui besar konduktivitas dapat diamati dengan menggunakan *four point probe* (FPP).

## II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini meliputi dua tahap, yaitu tahap preparasi dan tahap karakterisasi. Tahap preparasi merupakan tahap penumbuhan lapisan tipis  $\text{Sn}(\text{S}_{0,8}\text{Te}_{0,2})$  dan  $\text{Sn}(\text{S}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$ .

Tahap karakterisasi dilakukan melalui tiga langkah yaitu untuk mengetahui *band gap* dengan menggunakan *Spektrofotometer* UV-Vis dan konduktivitas dengan menggunakan FPP 5000.

Data yang diperoleh dari uji sifat optik menggunakan *Spektrofotometer* UV-Vis berupa nilai absorbansi sebagai fungsi panjang gelombang dari nilai absorbansi ini selanjutnya

digunakan untuk menentukan nilai energi gap lapisan tipis yang dibuat. Data yang diperoleh dari pengujian menggunakan FPP 5000 berupa nilai resistansi, resistivitas, tebal dan tipe konduksi lapisan tipis yang terbentuk yang selanjutnya dari data ini digunakan untuk menentukan besar konduktivitas .

## III. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Dari penelitian yang telah dilakukan diperoleh lapisan tipis  $\text{Sn}(\text{S}_{0,8}\text{Te}_{0,2})$  dan sampel  $\text{Sn}(\text{S}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$  dengan menggunakan teknik evaporasi termal. Pada sampel  $\text{Sn}(\text{S}_{0,8}\text{Te}_{0,2})$  dengan suhu tetap  $350^{\circ}\text{C}$ , sampel ini diberi perlakuan dengan jarak 15 cm, 25 cm dan 10 cm. Tiga sampel  $\text{Sn}(\text{S}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$  diperoleh pada kondisi suhu  $300^{\circ}\text{C}$ ,  $350^{\circ}\text{C}$ ,  $250^{\circ}\text{C}$ .

Untuk mengetahui besar *bandgap* dari lapisan tipis tersebut dilakukan karakteristik sifat optik dengan dilakukan uji spectrophotometer. Data yang diperoleh dari uji uv-vis yaitu nilai absorbansi, nilai transmitansi dan nilai refleksi. Untuk mengetahui konduktivitas dari lapisan tipis tersebut dilakukan karakteristik

sifat listrik dengan dilakukan uji four point probe (FPP) data yang diperoleh dari uji FPP yaitu nilai resistansi, nilai resistivitas, nilai thick dan type dari lapisan tipis tersebut.

Karakterisasi sifat listrik FPP 5000 dan sifat optis UV-Vis dari lapisan tipis yang dibuat untuk berbagai variasi temperatur (300°C, 350°C, 250°C) serta pada variasi spacer (10 cm, 15 cm dan 25 cm). Hasil karakterisasi FPP disajikan pada Tabel 1 dan 2:

Tabel 1. Resistivitas Sn(S<sub>0,8</sub>Te<sub>0,2</sub>) fungsi pada spacer

Bahan Lapisan Tipis	Resistivitas fungsi spacer (Ω.cm)		
	10 cm	15 cm	25 cm
Sn(S <sub>0,8</sub> Te <sub>0,2</sub> )	0,785 × 10 <sup>-1</sup>	1,835 × 10 <sup>0</sup>	0,581 × 10 <sup>0</sup>

Tabel 2. Resistivitas(S<sub>0,6</sub>Te<sub>0,4</sub>) fungsi pada suhu

Bahan Lapisan Tipis	Resistivitas fungsi suhu (Ω.cm)		
	250°C	300°C	350°C
Sn(S <sub>0,6</sub> Te <sub>0,4</sub> )	1,865 × 10 <sup>0</sup>	0,446 × 10 <sup>0</sup>	1,867 × 10 <sup>1</sup>

Karakteristik sifat listrik menggunakan FPP diperoleh hasil

tipe-p untuk lapisan tipis bahan semikonduktor lapisan tipis Sn(S<sub>0,8</sub>Te<sub>0,2</sub>) dan Sn(S<sub>0,6</sub>Te<sub>0,4</sub>). Dari data yang diperoleh kita dapat mengetahui nilai resistivitas untuk sampel Sn(S<sub>0,8</sub>Te<sub>0,2</sub>) suhu 350°C spacer 10 cm sebesar 0,785 × 10<sup>-1</sup> Ω.cm. Dari data resistivitas yang didapatkan kita dapat mengetahui nilai konduktivitas sebesar 12,739 (Ω.cm)<sup>-1</sup>.

Nilai resistivitas untuk sampel Sn(S<sub>0,8</sub>Te<sub>0,2</sub>) suhu 350°C spacer 15 cm sebesar 1,835 × 10<sup>0</sup> Ω.cm. Dari data resistivitas yang didapatkan kita dapat mengetahui nilai konduktivitas untuk sampel Sn(S<sub>0,8</sub>Te<sub>0,2</sub>) spacer 15 sebesar 0,545 (Ω.cm)<sup>-1</sup>

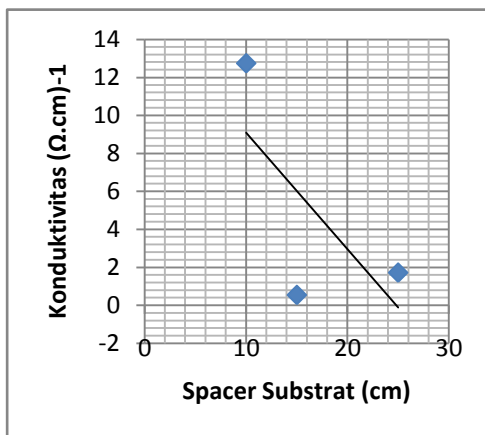
Nilai resistivitas untuk sampel Sn(S<sub>0,8</sub>Te<sub>0,2</sub>) suhu 350°C spacer 25 cm sebesar 0,581 × 10<sup>0</sup> Ω.cm. Dari data resistivitas yang didapatkan kita dapat mengetahui nilai konduktivitas sebesar 1,721 (Ω.cm)<sup>-1</sup>.

Nilai resistivitas untuk sampel Sn(S<sub>0,6</sub>Te<sub>0,4</sub>) suhu 250°C sebesar 1,865 × 10<sup>0</sup> Ω.cm. Dari data resistivitas yang didapatkan kita dapat mengetahui nilai konduktivitas sebesar 0,536 (Ω.cm)<sup>-1</sup>.

Nilai resistivitas untuk sampel  $\text{Sn}(\text{S}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$  suhu  $300^\circ\text{C}$  sebesar  $0,446 \times 10^0 \Omega\cdot\text{cm}$ . Dari data resistivitas yang didapatkan kita dapat mengetahui nilai konduktivitas sebesar  $0,543 (\Omega\cdot\text{cm})^{-1}$ .

Nilai resistivitas untuk sampel  $\text{Sn}(\text{S}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$  suhu  $350^\circ\text{C}$  sebesar  $1,867 \times 10^1 \Omega\cdot\text{cm}$ . Dari data resistivitas yang didapatkan kita dapat mengetahui nilai konduktivitas sebesar  $1,269 (\Omega\cdot\text{cm})^{-1}$ .

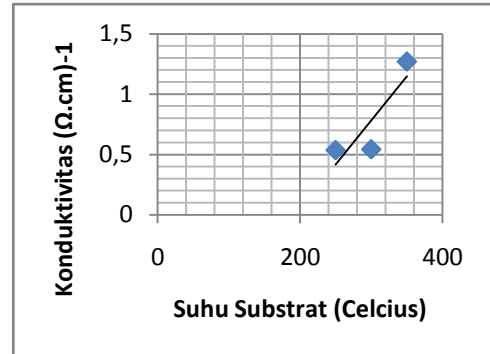
Hubungan antara spacer substrat terhadap konduktivitas disajikan pada Gambar 1, dan terlihat semakin besar spacer substrat maka semakin kecil nilai konduktivitas bahan  $\text{Sn}(\text{S}_{0,8}\text{Te}_{0,2})$ .



**Gambar 1.** Grafik hubungan antara suhu substrat dengan konduktivitas  $\text{Sn}(\text{S}_{0,8}\text{Te}_{0,2})$

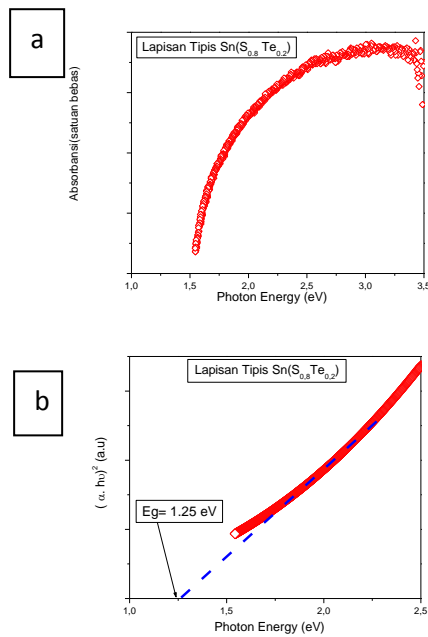
Hubungan antara suhu substrat terhadap konduktivitas disajikan

pada Gambar 2, dan terlihat semakin besar suhu substrat maka semakin besar pula nilai konduktivitas bahan  $\text{Sn}(\text{S}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$ .

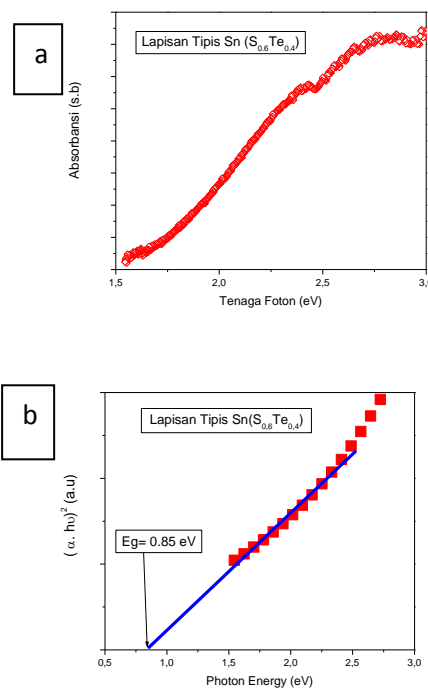


**Gambar 2.** Grafik hubungan antara suhu substrat dengan konduktivitas  $\text{Sn}(\text{S}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$

Dari hasil pengujian sampel yang telah dilakukan dengan menggunakan metode UV-Vis, selanjutnya dibuat grafik Gambar 3 dan 4 dari hasil data UV Vis untuk mengetahui besarnya *band gap* dari lapisan tipis  $\text{Sn}(\text{S}_{0,8}\text{Te}_{0,2})$  dan  $\text{Sn}(\text{S}_{0,6}\text{Te}_{0,4})$ :



**Gambar 3.** a. Grafik hubungan absorbansi dengan *photon energi* pada  $\text{Sn}(\text{S}_{0.8}\text{Te}_{0.2})$   
 b. Grafik hubungan antara koefisien absorbansi dengan *photon energi* pada  $\text{Sn}(\text{S}_{0.8}\text{Te}_{0.2})$



**Gambar 4.** a. Grafik hubungan absorbansi dengan *photon energi* pada  $\text{Sn}(\text{S}_{0.6}\text{Te}_{0.4})$   
 b. Grafik hubungan antara koefisien absorbansi dengan *photon energi* pada  $\text{Sn}(\text{S}_{0.6}\text{Te}_{0.4})$

Data yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan metode *taue plot* untuk memperoleh grafik. Dari grafik yang ada diperoleh, besar *bandgap* pada  $\text{Sn}(\text{S}_{0.8}\text{Te}_{0.2})$  sebesar 1,25 eV dan pada  $\text{Sn}(\text{S}_{0.6}\text{Te}_{0.4})$  sebesar 0,85 eV.

Pada hasil penelitian karakterisasi sifat optik menghasilkan *band gap* yang relevan dengan referensi menurut Saini dan Cheng. Referensi untuk *band gap* bahan semikonduktor lapisan tipis  $\text{Sn}(\text{S}_x\text{Te}_x)$  yaitu sekitar 0,35 eV hingga 1,5eV. Data hasil penelitian besarnya *band gap* yaitu untuk lapisan tipis  $\text{Sn}(\text{S}_{0.8}\text{Te}_{0.2})$  sebesar 1,25 eV dan untuk lapisan tipis  $\text{Sn}(\text{S}_{0.6}\text{Te}_{0.4})$  sebesar 0,85 eV.

#### IV. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Berdasarkan data karakterisasi dengan FPP didapat nilai konduktivitas sebesar  $12,739 (\Omega \cdot \text{cm})^{-1}$  untuk sampel  $\text{Sn}(\text{S}_{0.8}\text{Te}_{0.2})$  yang diperoleh pada spacer 10 cm dengan suhu  $350^\circ\text{C}$ . Untuk spacer 15 cm dengan suhu  $350^\circ\text{C}$  nilai konduktivitasnya sebesar  $0,545 (\Omega \cdot \text{cm})^{-1}$ . Untuk spacer 25 cm

dengan suhu 350°C nilai konduktivitasnya sebesar 1,721 ( $\Omega \cdot \text{cm}$ )<sup>-1</sup>. Untuk sampel Sn(S<sub>0,6</sub>Te<sub>0,4</sub>) yang diperoleh pada suhu 250°C nilai konduktivitasnya sebesar 0,536 ( $\Omega \cdot \text{cm}$ )<sup>-1</sup>. Untuk sampel yang diperoleh pada suhu 300°C konduktivitasnya sebesar 0,543 ( $\Omega \cdot \text{cm}$ )<sup>-1</sup>. Untuk sampel yang diperoleh pada suhu 350°C nilai konduktivitasnya sebesar 1,269 ( $\Omega \cdot \text{cm}$ )<sup>-1</sup>.

2. Berdasarkan hasil karakterisasi dengan UV-Vis yang telah diolah menggunakan metode *taue plot* dengan bantuan software Ms. Origin 50 diperoleh *band gap* pada lapisan tipis Sn(S<sub>0,8</sub> Te<sub>0,2</sub>) sebesar 1,25 eV dan *band gap* pada lapisan tipis Sn(S<sub>0,6</sub> Te<sub>0,4</sub>) sebesar 0,85 eV.

### Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Drs. B.A. Tjipto Sujitno, M.T.A.P.U, Bapak Dr. Ariswan dan Bapak Dr. Warsono serta kepala Laboratorium Kimia FMIPA Universitas Indonesia yang telah memberi ijin dan dukungan terhadap penelitian ini.

### V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ariswan,(2013).Prospek Penelitian Dan Aplikasi Fotovoltaik Sebagai Sumber Energi Alternatif Di Indonesia. Artikel. Yogyakarta: FMIPA UNY.
- [2] 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.
- [3] Handini, Wulandari. Performa Sel Surya Tersensitasi Zat Pewarna (DSSC) Berbasis ZnO Dengan Variasi Tingkat Pengisian Dan Besar Kristalit TiO<sub>2</sub>. Skripsi. Jakarta: Universitas Indonesia.
- [4] Ohring, Milton. (2002). Materials science of thin films deposition and strukure. 2nd. Ed. San Diego: Academic Press.
- [5] Saini, R., Pallavi, Singh, M., Kumar, R., & Jain, G. (2010). Structural and Electrical Characterization of Sinters SnTe Films. Chalcogenide Letters. Vol. 7, No. 3P. 197-202. Hlm. 1-6.