

KAJIAN SIFAT LISTRIK DAN OPTIK LAPISAN TIPIS SnS DENGAN MENGUNAKAN METODE *FOUR POINT PROBE* DAN *UV-VIS SPECTROSCOPY*

Ganesha Antarnusa

Pendidikan Fisika, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
E-mail: ganesha.antarnusa@untirta.ac.id

Abstract

This research aim is to study and understand the process of preparation semiconductor material Tin Sulfide (SnS) thin films prepared using the vacuum evaporation method, as well as to know the electrical and optical of Tin Sulfide (SnS) properties, determine the effect of variations of spacer to the transmittance and absorbance of thin films of semiconductor material Tin Sulfide (SnS) produced and knowing results gap energy of semiconductor material Tin Sulfide (SnS) produced. Samples of Tin Sulfide (SnS) thin films preparation results using evaporation method at a pressure of 2×10^{-5} mbar with spacer variation by 10 cm and 3×10^{-5} mbar with spacer variation by 15 cm. Deposited process of SnS thin films is done by giving the distance (spacer) between the substrate by source. The proximity of the evaporation method will affect how much material will be deposited on the substrate source. Characterization process is performed using FFP and UV-Vis. FFP characterization results showed that the Tin Sulfide (SnS) thin films produced resistance $9.38 \times 10^4 \Omega$ with spacer distance of 10 cm and $9.96 \times 10^4 \Omega$ with spacer distance of 15 cm respectively. UV-Vis characterization results showed that the Tin Sulfide (SnS) thin films produced gap energy 1.49 eV with spacer distances of 10 cm and 1.48 eV with spacer distances of 15 cm respectively. Tin Sulfide (SnS) thin films preparation results with variations spacer distance of 10 cm has a better quality than thin films with spacer distance of 15 cm variation in terms of resistivity values.

Keywords: *spacer, material characteristics, semiconductor SnS, vacuum evaporation method*

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari dan memahami proses preparasi bahan semikonduktor lapisan tipis *Tin Sulfide* (SnS) yang disiapkan menggunakan metode evaporasi, mengetahui informasi sifat optik dan listrik lapisan tipis *Tin Sulfide* (SnS), mengetahui pengaruh variasi jarak penyangga atau *spacer* terhadap transmitansi dan absorbansi lapisan tipis lapisan tipis *Tin Sulfide* (SnS) yang dihasilkan dan mengetahui nilai *energi gap* yang dihasilkan lapisan tipis *Tin Sulfide* (SnS). Sampel berupa lapisan tipis *Tin Sulfide* (SnS) hasil preparasi menggunakan metode evaporasi pada tekanan 2×10^{-5} mbar dengan variasi tiang penyangga sebesar 10 cm dan 3×10^{-5} mbar dengan variasi tiang penyangga sebesar 15 cm. Proses pendeposisian lapisan tipis SnS dilakukan dengan memberikan jarak (*spacer*) antara substrat dengan sumber. Kedekatan jarak dalam metode evaporasi ini akan mempengaruhi seberapa banyak bahan sumber akan terdeposisi pada substrat. Proses karakterisasi dilakukan menggunakan FFP dan UV-Vis. Hasil karakterisasi FFP menunjukkan bahwa Lapisan tipis SnS sampel A pada jarak *spacer* 10 cm yang terbentuk menghasilkan resistansi sebesar $9,38 \times 10^4 \Omega$ dan sampel B pada jarak *spacer* 15 cm yang terbentuk menghasilkan resistansi sebesar $9,96 \times 10^4 \Omega$. Hasil karakterisasi UV-Vis lapisan tipis *Tin Sulfide* (SnS) memiliki *energi gap* 1,49 eV pada jarak *spacer* 10 cm dan 1,48eV pada jarak *spacer* 15 cm. lapisan tipis *Tin Sulfide* (SnS) hasil preparasi dengan variasi jarak *spacer* 10 cm mempunyai kualitas yang lebih baik dibandingkan lapisan tipis dengan variasi jarak *spacer* 15 cm ditinjau dari resistansinya.

Kata kunci: *spacer, karakteristik bahan, semikonduktor SnS, metode evaporasi*

PENDAHULUAN

Masalah energi akan selalu menjadi topik persoalan yang menarik. Seiring dengan tingkat konsumsi energi yang terus bertambah dari tahun ke tahun, meningkatnya populasi manusia, industrialisasi besar-besaran, pemenuhan kebutuhan listrik, panas serta bahan bakar menyebabkan kebutuhan akan energi terus meningkat. Namun hal tersebut tidak diimbangi dengan persediaan minyak bumi, gas dan batu bara yang selama ini merupakan penyedia utama

kebutuhan energi di dunia. Pencarian sumber-sumber energi alternatif dalam bentuk energi terbarukan mengarah pada energi angin, energi air, energi nuklir, energi surya dan lain-lain (Beiser, 2003).

Stannum Sulfide (SnS) merupakan bahan hasil paduan antara Sn dan S yang memiliki koefisien penyerapan lebih tinggi daripada SnSO_2 . Bahan SnS memiliki rentang energi gap 1,3-1,83 eV, resistivitas listrik $0,28 \Omega \text{ m}$. Hal ini dapat dibentuk dengan mereaksikan unsur-unsur

(timah dan sulfur) diatas 350°C dengan titik lebur 882°C. SnS adalah material semikonduktor tipe p yang memiliki struktur kristal ortorhombic dan energi gap-nya 1,3 - 1,83 eV.

Pada penelitian ini dilakukan pembuatan lapisan tipis SnS yang dideposisikan pada substrat kaca dengan teknik vakum evaporasi (Mukherjee, 2010). Kemudian lapisan tipis SnS dikarakterisasi sifat listrik dan optiknya. Dalam pembuatan lapisan tipis SnS divariasi jarak sumber agar diperoleh sifat listrik dan optik lapisan tipis SnS (Antarnusa, 2018). Untuk mengetahui sifat listrik pada lapisan tipis ini diamati dengan menggunakan *Four Point Probe* (FPP) dan sifat optik dapat diamati dengan menggunakan UV-Vis spektroskopi (Smallman, 1999).

METODE PENELITIAN

Preparasi bahan dilakukan dengan teknik evaporasi. Evaporasi adalah sebuah metode pembuatan lapisan tipis dengan penguapan bahan dalam ruang hampa. Pada sistem evaporasi terdapat sumber pemanas untuk mengevaporasi bahan yang diinginkan. Pemanas tersebut dilewatkan oleh arus yang cukup tinggi untuk mendapatkan suhu yang tekanan uapnya cukup untuk mendesak keluar uap-uap dari bahan sumber. Bahan sumber yang telah dievaporasi kemudian bergerak meninggalkan sumber panas dalam bentuk gas. Kemudian terjadi proses pelapisan dengan proses kondensasi pada setiap permukaan substrat yang ditimpa atom-atom (Hass, 1963).

Prosedur

Peneliti mempersiapkan bubuk SnS dan substrat. Kemudian bahan yang berupa bubuk SnS tersebut ditempatkan pada cawan. Bubuk SnS kemudian dideposisi dengan teknik evaporasi. Evaporasi dilakukan pada tekanan 2×10^{-5} mBar dan 3×10^{-5} mBar dan substrat tersebut dipanaskan pada suhu 600°C.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Filamen Preparasi

Preparasi lapisan tipis *Stannum Sulfide* (SnS) pada substrat kaca merupakan proses atau langkah awal untuk aplikasi yang lebih lanjut. Karena absorbansi dari SnS yang relatif besar maka bahan lapisan tipis hasil preparasi sangat cocok dimanfaatkan untuk aplikasi sel surya.

Material yang ditempatkan pada filamen yang dipanaskan dengan suhu tinggi akan melebur tentunya melalui fase cair yang kemudian uap tersebut akan bergerak ke segala arah dan sebagian akan terdepositasi pada permukaan substrat kaca. Filamen berbentuk cawan (*crusible*) terbuat dari *molybdenum* yang digunakan untuk evaporasi *Stannum Sulfide* (SnS) merupakan filamen yang telah dispesifikasikan baik bentuk maupun jenis bahan yang digunakan untuk proses preparasi. Untuk preparasi SnS menggunakan filamen berbentuk cawan dikarenakan bahan yang digunakan berbentuk serbuk.

Bahan-bahan lapisan tipis tersebut kemudian di preparasikan menggunakan teknik evaporasi. Parameter yang digunakan dalam preparasi lapisan tipis SnS diantaranya adalah jenis filamen yang telah dispesifikasikan dan variasi jarak penyangga atau *spacer* yang telah ditentukan.

Parameter Preparasi SnS

Pada proses preparasi SnS dilakukan dalam dua kali sesi pengambilan data dimana dilakukan dengan melakukan variasi pada jarak penyangga atau *spacer* yaitu dengan menggunakan jarak penyangga sebesar 10 cm dan 15 cm. Kondisi eksperimen disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kondisi eksperimen bahan SnS

No	SnS	Ke-1		Ke-2	
1.	Jarak penyangga	10 cm		15 cm	
2.	Pemanas substrat	25,57 volt		25,57 volt	
3.	Suhu substrat	450° C		450° C	
4.	Tekanan	2×10^{-5} mbar		3×10^{-5} mbar	
5.	Tegangan regulator	V (volt)	T (menit)	V (volt)	T (menit)
		100	8	100	8

1 Torr = 1,33 mbar

Nilai resistansi

Hasil pengukuran karakterisasi listrik untuk sampel A dan B ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengukuran karakteristik listrik lapisan tipis SnS

Nama Sampel	Pengukuran	Resistansi ($\times 10^{-5}$)	Tipe
A	1	0,945	P
	2	0,912	N
	3	0,908	N
	4	0,990	P

Nama Sampel	Pengukuran	Resistansi ($\times 10^{-5}$)	Tipe
B	1	0,989	P
	2	0,949	P
	3	1,054	P
	4	0,995	P

Karakterisasi sifat listrik lapisan tipis bahan semikonduktor SnS

Pada sampel B tipe konduksinya sama dengan data referensi yang dihasilkan, yaitu mempunyai tipe konduksi P. Sedangkan pada sampel A terdapat perbedaan tipe konduksi yaitu muncul tipe konduksi N. Penyebab ketidaksamaan tipe konduksi ini, karena di dalam teknik vakum evaporasi komposisi unsur menyimpang dari *stoichiometri*, yaitu SnS yang seharusnya Sn dan S 50% akan tetapi di dalam penelitian ini terdapat pengaruh oksidasi sehingga SnS dalam penelitian ini dikenal dengan SnS yang *non stoichiometri*. *Non stoichiometri* disini adalah perbandingan massa bahan Sn dan S yang digunakan dalam pembuatan *pelet* SnS. Dengan kata lain karena dalam bahan SnS ini terdapat kekosongan dan kelebihan dimana kekosongannya terdapat pada Sn sehingga tingkatan energi berada pada donor sedangkan kelebihan terdapat pada S sehingga tingkatan energi berada pada aseptor sehingga bahan SnS ini termasuk dalam semikonduktor jenis P.

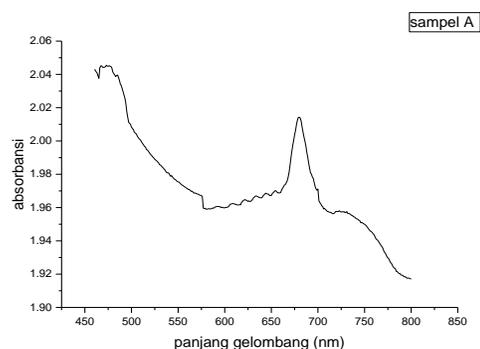
Resistansi listrik dipengaruhi oleh banyaknya jumlah elektron pada pita konduksi dan lubang (*hole*) pada pita valensi. Daerah yang

memisahkan antara pita konduksi dan pita valensi disebut dengan celah energi (*energy band-gap*). Karena adanya celah energi ini, maka foton dapat diserap secara langsung maupun tidak langsung melalui proses generasi, sehingga menyebabkan bertambahnya elektron pada pita konduksi dan lubang pada pita valensi (Rio, 1982).

Karakterisasi sifat optik lapisan tipis bahan semikonduktor SnS

Uji sifat optik lapisan tipis SnS pada penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui besar absorbansi dan transmitansi lapisan tipis SnS terhadap cahaya yang mengenai lapisan tipis tersebut. Hal ini merupakan salah satu parameter paling penting suatu bahan untuk dijadikan sebagai bahan dasar sel surya khususnya yang akan digunakan sebagai lapisan tipe P dengan harapan absorbansinya tinggi agar tidak mengganggu jalannya cahaya menuju lapisan penyerap.

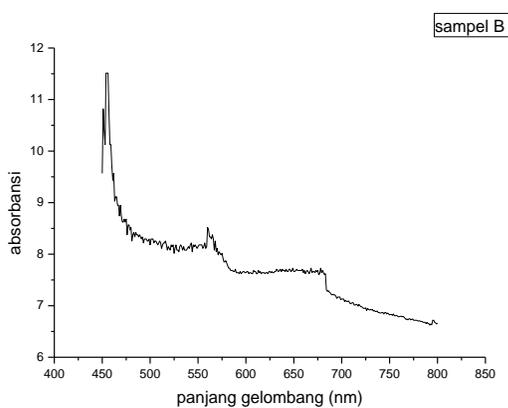
Karakterisasi sifat optik ini telah dilakukan dalam panjang gelombang sinar tampak (450-800 nm) dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Grafik hubungan antara panjang gelombang dan absorbansi lapisan tipis SnS disajikan pada Gambar 1 dan 2, sedangkan grafik hubungan antara panjang gelombang dan transmitansi lapisan tipis SnS disajikan pada Gambar 3 dan 4.



Gambar 1. Grafik hubungan antara panjang gelombang dan absorbansi sampel A pada jarak *spacer* 10 cm.

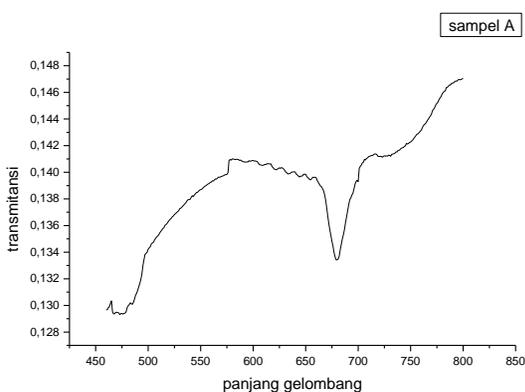
Berdasarkan gambar 1 diperoleh informasi karakter absorbansi optik untuk sampel A pada panjang gelombang (450-580 nm) mengalami penurunan karena bahan semikonduktor SnS ini sesuai dengan panjang

gelombang sinar tampak yaitu 280 nm sampai 750 nm. Sedangkan pada panjang gelombang (550-700 nm) mengalami kenaikan dan penurunan yang tidak linier. Hal ini disebabkan karena bahan semikonduktor SnS sampel A pada jarak *spacer* 10 tidak sesuai dengan panjang gelombang tersebut sehingga tidak memberi respon. Untuk sampel A nilai absorbansi maksimumnya yaitu pada panjang gelombang 450 nm sebesar 2,04, sedangkan nilai absorbansi minimumnya terletak pada panjang gelombang (550-800) nm sebesar 1,92.



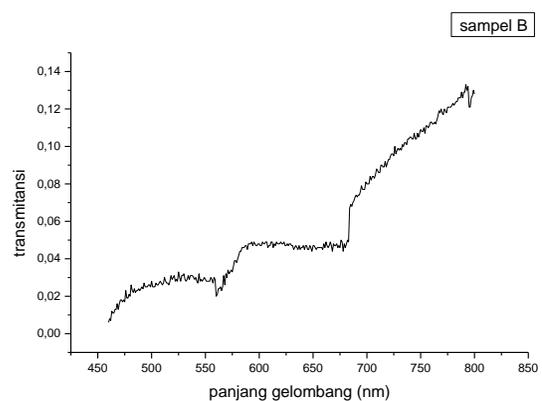
Gambar 2. Grafik hubungan antara panjang gelombang dan absorbansi sampel B pada jarak *spacer* 15 cm.

Berdasarkan gambar 2 diperoleh informasi bahwa karakter absorbansi pada panjang gelombang (450-800 nm) mengalami penurunan. Untuk sampel B dengan jarak *spacer* 15 nilai absorbansi maksimumnya yaitu pada panjang gelombang 450 nm sebesar 11,5, sedangkan nilai absorbansi minimumnya terletak pada panjang gelombang (550-800) nm sebesar 6,7.



Gambar 3. Grafik hubungan antara panjang gelombang dan transmitansi sampel A pada jarak *spacer* 10 cm.

Gambar 3 menunjukkan spektrum transmitansi optik lapisan tipis bahan semikonduktor SnS. Seperti yang telah kita ketahui bahwa transmitansi dan absorbansi memiliki hubungan seperti halnya dengan resistivitas dan konduktivitas. Konduktivitas merupakan kebalikan dari resistivitas, demikian halnya dengan transmitansi dan absorbansi. Jika absorbansi merupakan seberapa besar spektrum panjang gelombang yang diserap, transmitansi merupakan seberapa besar spektrum panjang gelombang tersebut diteruskan. Hasil yang diperoleh adalah pada panjang gelombang 450 nm nilai transmitansinya mulai meningkat, dikarenakan pada panjang gelombang tersebut spektrum cahaya lebih sedikit yang diserap oleh bahan daripada yang diteruskan. Sedangkan pada panjang gelombang (550-700) nm mengalami penurunan dan kenaikan yang tidak linier yang disebabkan karena pada panjang gelombang tersebut bahan semikonduktor lapisan tipis SnS pada jarak *spacer* 10 cm tidak memberi respon.

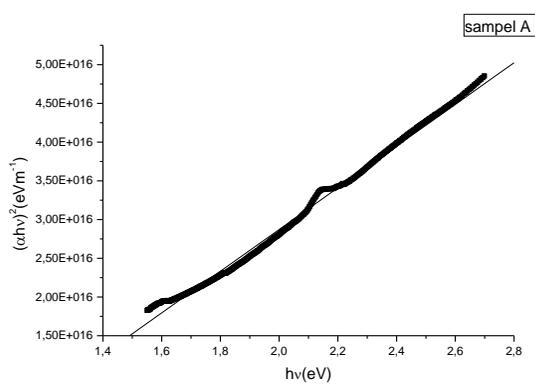


Gambar 4. Grafik hubungan antara panjang gelombang dan transmitansi sampel B pada jarak *spacer* 15 cm.

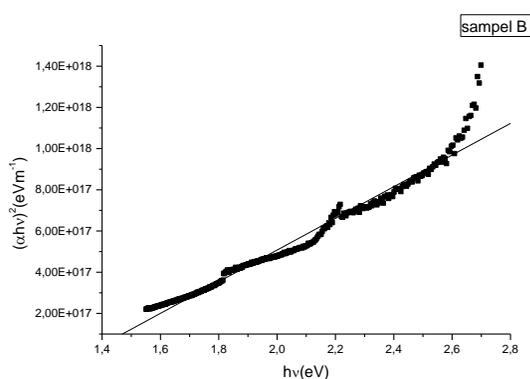
Dari Gambar 4 hasil penelitian ditunjukkan bahwa semakin besar panjang gelombang cahayanya, transmitansinya juga semakin besar, hal ini dikarenakan transmitansi merupakan fungsi dari panjang gelombang. Transmisi terjadi mulai panjang gelombang 450 nm sampai 650 nm yang termasuk yang merupakan daerah panjang gelombang tampak yaitu 380 nm sampai 750 nm. Sifat ini berkaitan

dengan sifat optik lapisan tipis SnS. Secara umum transmisi bergantung pada panjang gelombang dan ketebalan lapisan tipis SnS. Karena lapisan tipis yang terbentuk sangat tebal sehingga cahaya yang terabsorpsi semakin besar dan semakin banyak pula cahaya yang ditransmisikan. Namun pada variasi jarak *spacer*, memberikan kontribusi yang berarti hal ini dikarenakan variasi *spacer* menyebabkan ketebalan lapisan penyangga yang besar, selain itu metode ini merupakan transport uap jarak jauh dimana seharusnya variasi *spacer* itu dilakukan dengan jarak diatas 10 cm.

Untuk menentukan besarnya celah energi bahan peneliti menggunakan metode *touch plot* dengan bantuan software Ms. Origin 6.1. Berikut disajikan plot untuk menentukan lebar celah optik atau energi gap.



Gambar 5. Energi foton SnS pada sampel A dengan jarak *spacer* 10 cm.



Gambar 6. Energi foton SnS pada sampel B dengan jarak *spacer* 15 cm.

Berdasarkan hasil fitting menggunakan Ms. Origin (terlampir) dapat diketahui untuk menentukan besarnya celah energi dapat menggunakan persamaan $Y = A + B * X$, dengan Y adalah koefisien absorpsi, dan X adalah energi gap atau celah energi. Apabila $Y =$

0, kita dapat menentukan besarnya energi gap. Dari persamaan tersebut dapat diketahui besarnya energi gap pada sampel A yang menggunakan *spacer* 10 cm adalah 1,49 eV.

Seperti halnya pada sampel A, setelah dilakukan analisis matematik besarnya energi gap untuk sampel B yang menggunakan *spacer* 15 cm diperoleh sebesar 1,48 eV. Hasil yang diperoleh sama dengan sampel A. Hal ini berarti faktor yang mempengaruhi besarnya energi gap bukanlah jarak *spacer* melainkan karakteristik dari bahan itu sendiri.

Dari hasil penelitian karakterisasi optik ini sampel A dan B menghasilkan energi gap yang relevan dengan data referensi, yaitu 1,48 eV. Hasil pengukuran karakteristik optik dalam penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil pengukuran karakteristik optik lapisan tipis SnS

Nama Sampel	E_g (eV) referensi	E_g (eV) hasil penelitian
A	1,3-1,83	1,49
B	1,3-1,83	1,48

Hubungan antara sifat listrik dan sifat optik lapisan tipis bahan semikonduktor SnS

Berdasarkan pembahasan sebelumnya, bahwa sampel A memiliki nilai resistivitas lebih kecil daripada sampel B. Hal ini berpengaruh pada sifat optik bahan. Berdasarkan nilai absorpsi yang dilampirkan pada gambar 1 dan 2, besarnya nilai absorpsi pada sampel A lebih kecil daripada sampel B. Sedangkan nilai yang dilampirkan pada gambar 4 dan 5, besarnya nilai transmitansi lebih besar daripada sampel B.

Dalam pembuatan lapisan tipis SnS ini divariasi jarak sumber dengan substrat. Variasi jarak sumber dengan substrat dipilih pada jarak 10 cm dan 15 cm karena semakin dekat semakin tebal pula lapisan tipis yang dihasilkan. Sehingga didapatkan lapisan tipis SnS yang memiliki resistansi yang kecil dan absorpsi tinggi dan diharapkan dapat dijadikan sebagai bahan dasar untuk sel surya.

Penelitian yang dilakukan dengan teknik vakum evaporasi ini masih memerlukan optimasi terhadap parameter deposisi yang lain untuk mendapatkan sifat listrik dan sifat optik yang lebih baik.

KESIMPULAN

1. Lapisan tipis SnS sampel A pada jarak *spacer* 10 cm yang terbentuk menghasilkan resistansi $9,38 \times 10^4 \Omega$ dan sampel B pada jarak *spacer* 15 cm yang terbentuk menghasilkan resistansi, $9,96 \times 10^4 \Omega$
2. Lapisan tipis sampel A pada jarak *spacer* 10 cm yang terbentuk menghasilkan nilai transmitansi maksimum pada panjang gelombang 800 nm, kurang dari panjang gelombang tersebut nilai transmitansi optik mengalami penurunan dan sampel B pada jarak *spacer* 15 cm yang terbentuk menghasilkan nilai transmitansi maksimum pada panjang gelombang 800 nm, kurang dari panjang gelombang tersebut nilai transmitansi optik mengalami penurunan Sedangkan nilai absorbansi berbanding terbalik dengan nilai transmitansi.
3. Pengaruh jarak penyangga (*spacer*) terhadap nilai transmitansi yaitu semakin jauh jarak *spacer*, nilai transmitansinya semakin kecil sedangkan nilai absorbansi semakin jauh jarak *spacer*, nilai absorbansi semakin besar.
4. Nilai absorbansi maksimum pada jarak *spacer* 10 cm untuk sampel A dan pada

jarak *spacer* 15 cm untuk sampel B berada pada panjang gelombang 450 nm.

5. Lapisan tipis SnS yang terbentuk memiliki *energi gap* 1,49 eV dan 1,48 eV.

DAFTAR PUSTAKA

- Beiser, A. (2003). *Concepts of Modern Physics, Sixth Edition*. New Delhi: Tata McGraw-Hill.
- Mukherjee, S., Li, D., Gautam, A., Kar, J.P., dan Shi, Z. (2010). *Lead Salt Thin Film Semiconductors for Microelectronic Applications*. Evanston: Electrical Engineering and Computer Science, Northwestern University.
- Antarnusa, G., Swastika, P.E., dan Suharyadi, E. (2018). *Wheatstone bridge-giant magnetoresistance (GMR) sensors based on Co/Cu multilayers for bio-detection applications*. *Journal of Physics: Conf. Series* **1011** 012061.
- Smallman, R.E., dan Bishop, R.J. (1999). *Modern Physical Metallurgy and Materials Engineering, Sixth Edition*. Oxford: Elsevier.
- Hass, G., Francombe, M.H., Vossen, J.L. (1963). *Physics of thin films 1st edition*. New York: Academic Press.
- Rio, S.R., dan Lida, M. (1982). *Fisika dan Teknologi Fisika*. Jakarta: PT Pradnya Paramita.