Asian Journal of
Science, Technology, Engineering, and Art

e-ISSN : 3025-4507
p-ISSN : 3025-5287
Index : Harvard, Boston, Sydney University, Dimensions, Lens, Scilit, Semantic, Google, etc

https://doi.org/10.58578/AJSTEA.v1i2.2045

EFEK PENAMBAHAN DIETHANOLAMINE DAN SUHU KALSINASI TERHADAP ENERGI GAP LAPISAN TIPIS CuSnO3

The Effect of Diethanolamine Addition and Calcination Temperature on the Energy Gap of CuSnO3 Thin Films

Vira Ananda Sukma & Hary Sanjaya
Universitas Negeri Padang
viraananda17@gmail.com ; hary.s@fmipa.unp.ac.id

Article Info:

Submitted:	Revised:	Accepted:	Published:
Oct 2, 2023	Oct 21, 2023	Oct 27, 2023	Nov 2, 2023

Abstract

This study focuses on the synthesis of CuSnO3 thin films using the sol-gel dip coating method, with a particular emphasis on the effects of diethanolamine (DEA) addition and calcination temperature on the bandgap energy. The successful addition of DEA significantly influenced the reduction of the bandgap energy of CuSnO3 thin films, decreasing from 3.21 eV (without DEA) to 2.11 eV (optimal DEA addition, 1.5 mL), as characterized by UV-DRS. Furthermore, different calcination temperatures yielded varying bandgap energies, with the lowest bandgap energy observed in samples calcined at 550°C. This research provides valuable insights into the manipulation of CuSnO3 thin film properties for potential applications in optoelectronic devices and other emerging technologies.

Keywords: CuSnO3; Diethanolamine; Dip Coating; Optoelectronic Material; Band Gap Energy.

AJSTEA Journal is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License

Abstrak *:* Penelitian ini berfokus pada sintesis film tipis CuSnO3 menggunakan metode sol-gel dip coating, dengan penekanan khusus pada efek penambahan dietanolamina (DEA) dan suhu kalsinasi pada energi celah pita. Keberhasilan penambahan DEA secara signifikan mempengaruhi pengurangan energi celah pita film tipis CuSnO3, menurun dari 3,21 eV (tanpa DEA) menjadi 2,11 eV (penambahan DEA optimal, 1,5 mL), yang ditandai dengan UV-DRS. Selanjutnya, suhu kalsinasi yang berbeda menghasilkan energi celah pita yang bervariasi, dengan energi celah pita terendah yang diamati pada sampel dikalsinasi pada 550 ° C. Penelitian ini memberikan wawasan berharga tentang manipulasi sifat film tipis CuSnO3 untuk aplikasi potensial dalam perangkat optoelektronik dan teknologi baru lainnya.

Kata Kunci : CuSnO3 ; Diethanolamine ; Dip Coating ; Material Optoelektronik ; Energi Band Gap

PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik dunia semakin meningkat sebagai dampak dari kemajuan teknologi dan pertumbuhan ekonomi yang berkembang pesat. Saat ini, kebutuhan energi listrik dunia mencapai sekitar 10 Terra Watt dan diprediksi akan terus meningkat seiring dengan peningkatan populasi manusia dan kegiatan industri. Hal ini mengakibatkan perlu adanya alternatif baru untuk menghasilkan energi listrik. Salah satunya melalui energi surya yang melibatkan bahan semikonduktor. Semikonduktor yang digunakan salah satunya dapat berbentuk lapisan tipis.

Sekarang ini, penggunaan lapisan tipis untuk meningkatkan karakteristik fisik dan kimia dari bahan telah menjadi hal umum dalam hampir semua bidang. (Benelmekki & Erbe, 2019). Penggunaan lapisan tipis memiliki beberapa keuntungan meliputi tegangan keluar yang lebih tinggi, massa elektroda yang lebih rendah, dan siklus hidup yang lebih lama dibandingkan bentuk lain. Struktur lapisan tipis memiliki perbandingan luas permukaan dan volume yang tinggi sehingga dimungkinkan terjadinya percepatan litasi dan delitasi untuk transpor elektron (Salaha, et al., 2019). Salah satu material semikonduktor yang dapat disintesis menggunakan pendekatan ini adalah copper stannate ($CuSnO_3$).

$CuSnO_3$ adalah rumus kimia untuk senyawa tembaga stannate atau tembaga (II) stanat. Senyawa ini terdiri dari atom tembaga (Cu), timah (Sn), dan oksigen (O). $CuSnO_3$ memiliki sifat-sifat yang menarik dan dapat digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk elektronika, optoelektronika, sebagai katalis, sensor ultrasensitif, dan anti bakteri. $CuSnO_3$ adalah

semikonduktor dengan konduktivitas listrik yang dapat diatur melalui doping dan pengaturan komposisi kimia. $CuSnO_3$ memiliki sifat transparan dalam rentang spektrum elektromagnetik tertentu, terutama di wilayah inframerah dan dekat inframerah. Hal ini menjadikannya berpotensi untuk aplikasi optoelektronika, seperti dalam perangkat optik transparan atau panel surya transparan. $CuSnO_3$ juga dapat digunakan sebagai katalis dalam berbagai reaksi kimia, termasuk reaksi oksidasi, hidrogenasi, dan dehidrogenasi.

$CuSnO_3$ merupakan material yang memiliki struktur amorf dan berbentuk kristal kubik. Partikel $CuSnO_3$ memiliki dispersitas yang baik dan memiliki bentuk yang seragam dengan ukuran partikel sekitar 70 nm ketika disintesis menggunakan metode kopresipitasi kimia. $CuSnO_3$ stabil pada rentang suhu 290-650 °C (Liu et al., 2012). Dalam $CuSnO_3$, terdapat ikatan Cu-O dan Sn-O ketika diuji menggunakan FTIR. Borhade, dkk., menemukan bahwa $CuSnO_3$ memiliki struktur kristal kubik di alam dan memiliki *band gap* 3,1625 eV ketika disintesis menggunakan metode hidrotermal (Borhade et al., 2019). Dalam penelitian lain, $CuSnO_3$ ditemukan mengalami perubahan warna ketika dikalsinasi dalam suhu yang berbeda saat disintesis menggunakan metode sol-gel *spin coating*. Perubahan warna ini menunjukkan perbedaan struktur kristal lapisan tipis yang terbentuk. Dengan menggunakan metode ini, lapisan tipis $CuSnO_3$ yang dihasilkan memiliki *band gap* 2,3 eV dan memiliki tipe N (Kim et al., 2018).

Salah satu hal yang membuat $CuSnO_3$ menarik adalah karakteristik optik dan konduktivitasnya yang berpadu dalam satu struktur. Sifat optik yang menarik, seperti kemampuannya untuk menyerap dan memancarkan cahaya pada berbagai panjang gelombang, membuatnya sangat relevan dalam pengembangan perangkat optik. Dalam dunia tampilan visual modern, $CuSnO_3$ bisa berperan dalam teknologi tampilan berkecepatan tinggi, yang sangat penting dalam aplikasi seperti layar OLED (*Organic Light Emitting Diode*) dan layar sentuh.

Sintesis Copper stannate ($CuSnO_3$) ini telah dilakukan dengan berbagai prekursor di antaranya, $SnCl_4.5H_2O$ dan $Cu(NO_3)_2.3H_2O$ (Kim, et al., 2018) (Liu, Du, & Kong, 2012), CuO dan SnO_2 (Ning, et al., 2009), serta $CuCl_2$ dan $SnCl_4$ (Borhade, Tope, & Sangle, 2019). Sedangkan pada penelitian ini, digunakan $CuCl_2.2H_2O$ dan $SnCl_2.2H_2O$ sebagai prekursor dan metanol sebagai pelarut. Prekursor ini dipilih karena keberadaannya yang melimpah di alam serta harga yang relatif rendah.

Penelitian ini dilakukan dengan penambahan DEA atau *dietaholamine* sebagai aditif untuk mendapatkan struktur lapisan tipis yang lebih baik. Berat molekul *ethanolamine* yang digunakan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kelarutan tembaga (Cu) (Oral, Mensur, Aslan, & Basaran, 2003). Dalam penelitian lain, ditemukan bahwa penambahan DEA berkontribusi dalam peningkatan kekasaran permukaan lapisan tipis dan meningkatkan ukuran butiran lapisan tipis yang dihasilkan. Pornsiri et al. menemukan bahwa konduktivitas listrik meningkat seiring dengan peningkatan ukuran butiran permukaan lapisan tipis (Wanarattikan, Jitthammapirom, Sakdanuphab, & Sakulkalavek, 2019).

Selain itu, dalam penelitian ini juga dilakukan variasi suhu kalsinasi. Besarnya suhu kalsinasi akan berpengaruh terhadap ukuran partikel kristal. Menurut Yung Fang Chen dalam (Chen, Lee, Yeng, & Chiu, 2003), ukuran partikel kristal meningkat seiring dengan peningkatan suhu kalsinasi yang akan mempengaruhi nilai konduktivitas material. Nilai konduktivitas elektrik suatu material meningkat seiring dengan peningkatan ukuran partikel.

Dalam menyintesis $CuSnO_3$, telah dikembangkan berbagai macam metode, seperti metode sintesis hijau dan biogenik (Mohanta, Raha, Gupta, & Ahmaruzzaman, 2019), metode kopresipitasi kimia (Liu, Du, & Kong, 2012), metode *magnetron sputtering* (Ning, et al., 2009), dan metode sol-gel *spin coating* (Kim, et al., 2018). Pada penelitian ini, akan digunakan metode sol-gel dengan teknik *dip coating*.

Berdasarkan uraian di atas, pada penelitian ini dilakukan pembuatan lapisan tipis $CuSnO_3$ menggunakan metode sol-gel yang akan dideposisikan pada substrat kaca menggunakan teknik *dip coating*. Parameter yang divariasikan dalam penelitian ini untuk mendapatkan lapisan tipis yang baik yaitu volume penambahan *diethanolamine* (DEA) dan suhu kalsinasi. Lapisan tipis $CuSnO_3$ yang diperoleh dikarakterisasi menggunakan instrumen UV-DRS untuk mengetahui besar energi celah pita (*band gap energy*) yang dihasilkan.

METODE

Sintesis lapisan tipis $CuSnO_3$ dilakukan dengan melarutkan $SnCl_2.2H_2O$ dan $CuCl_2.2H_2O$ dengan perbandingan mol 1:1 ke dalam 50 mL pelarut (metanol yang sudah ditambahkan DEA dengan variasi 0.5 mL, 1.0 mL, 1.5 mL, 2.0 mL, dan 2.5 mL) dan diultrasonikasi selama 1 jam (Kim, et al., 2018). Setelah itu dilakukan *stirring* magnetik selama 6 jam pada

suhu 50 °C. Selanjutnya, masing-masing larutan $CuSnO_3$ yang dihasilkan di-*dip coated* pada substrat kaca dengan waktu pencelupan selama 15 menit (Kuriah & Sugihartono, 2018). Selanjutnya dikeringkan menggunakan oven selama 15 menit pada suhu 110°C dan dilanjutkan dengan kalsinasi akhir pada suhu 550 °C selama 2 jam (Kim, et al., 2018). Prosedur yang sama dilakukan untuk sintesis lapisan tipis $CuSnO_3$ dengan memvariasikan suhu kalsinasi (500°C, 550 °C, dan 600°C) dan menggunakan penambahan DEA maksimum yang didapat dari proses sintesis pertama. Setelahnya, lapisan tipis dikarakterisasi menggunakan UV-DRS untuk menentukan besar energi celah pita (*Band gap energy*) yang didapat.

HASIL

Hasil yang diperoleh melalui penelitian ini ditunjukkan oleh tabel 1 yang menunjukkan perubahan energi band gap yang signifikan, baik dari variasi penambahan DEA maupun dari variasi suhu kalsinasi.

Tabel 1. Nilai energi gap lapisan tipis yang dipengaruhi penambahan DEA dan suhu kalsinasi

Efek DEA		Efek Suhu Kalsinasi	
Volume DEA (mL)	Energi Band Gap (eV)	Suhu Kalsinasi (°C)	Energi Band Gap (eV)
0	3.21	500	2.37
0.5	2.40	550	2.11
1	2.20	600	2.56
1.5	2.11		
2	2.37		
2.5	2.30		

PEMBAHASAN

1. Pengaruh Variasi Penambahan Volume *Diethanolamine* (DEA)

Diethanolamine (DEA) merupakan senyawa kimia yang termasuk dalam kelompok amina. Berat molekul *ethanolamine* yang digunakan dalam penelitian ini memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kelarutan tembaga (Oral, Mensur, Aslan, & Basaran, 2003). DEA

memainkan peran penting dalam sintesis $CuSnO_3$ sebagai agen kompleksing ion dan agen penstabil. Sebagai agen kompleksing ion, DEA membentuk senyawa kompleks dengan ion-ion logam (Tahar, Tahar, & Salah, 2007), termasuk ion tembaga (Cu^{2+}) dan ion timah (Sn^{2+}), yang meningkatkan kelarutan ion-ion logam dalam larutan. Peran DEA sebagai senyawa kompleks dapat terlihat dari perubahan warna larutan ketika DEA ditambahkan. Dalam penambahan DEA ke larutan yang mengandung ion-ion logam seperti Cu^{2+}, DEA bertindak sebagai senyawa yang dapat mendonorkan proton (H^+) dalam reaksi asam basa. Gugus -NH- yang ada membuat DEA mampu bertindak sebagai pendonor proton (sebagai basa) ke ion logam.

Sebagai agen penstabil, DEA menjaga ion-ion logam dalam bentuk senyawa kompleks yang stabil, mencegah pengendapan atau reaksi yang tidak diinginkan sebelum pembentukan $CuSnO_3$ terjadi (Tahar, Tahar, & Salah, 2007).

Dalam penelitian ini, penambahan DEA dilakukan secara bervariasi yaitu 0.5 mL, 1 mL, 1.5 mL, 2 mL, dan 2.5 mL. Setiap variasi DEA menunjukkan pengaruh yang berbeda terhadap larutan prekursor. Semakin banyak jumlah DEA yang ditambahkan, warna larutan semakin biru gelap. Hal ini membuktikan bahwa DEA yang ditambahkan meningkatkan kelarutan ion tembaga (Cu^{2+}).



Gambar 1. a. larutan tanpa DEA, b. larutan dengan DEA 0.5 mL, c. larutan dengan DEA 1 mL, d. larutan dengan DEA 1.5 mL, e. larutan dengan DEA 2 mL, f. larutan dengan DEA 2.5 mL

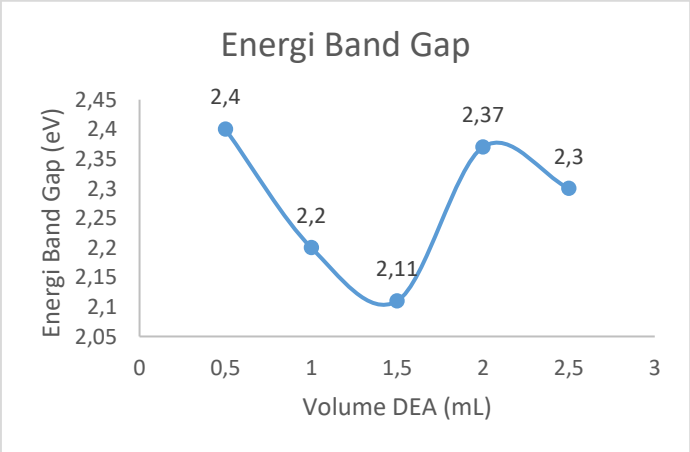
Proses pembentukan senyawa $CuSnO_3$ dalam penelitian ini melibatkan beberapa tahap reaksi kompleks. Langkah awal dalam proses ini adalah pemisahan ion dari $CuCl_2.2H_2O$ dan $SnCl_2.2H_2O$ yang larut dalam metanol. Dalam tahap berikutnya, DEA ditambahkan ke dalam larutan. Di sinilah DEA dapat berperan sebagai senyawa kompleks dengan ion tembaga (Cu^{2+}), membentuk senyawa kompleks tembaga-DEA. DEA berikatan koordinatif dengan ion tembaga, yang dapat memengaruhi kelarutan ion tersebut.

Selanjutnya, terjadi reaksi redoks di mana ion timah (Sn^{2+}) teroksidasi menjadi ion timah(IV) (Sn^{4+}) (Zhou, Zhao, Ren, Song, & Han, 2011). Ini merupakan tahap kunci dalam pembentukan $CuSnO_3$, di mana ion-ion logam mengalami oksidasi dan reduksi untuk membentuk senyawa akhir. Akhirnya, kedua ion, yaitu ion timah(IV) dan ion tembaga yang mungkin telah mengalami reduksi, dapat bergabung bersama dengan oksigen yang ada dalam metanol untuk membentuk senyawa $CuSnO_3$.

DEA yang hadir dalam reaksi berkontribusi dengan menjaga ion tembaga dalam bentuk kompleks yang lebih larut dan membantu mengendalikan reaksi. Persamaan reaksinya yaitu sebagai berikut.

a. $CuCl_2.2H_2O + 2CH_3OH \rightarrow Cu^{2+} + 2Cl^- + 4H_2O + 2CH_3Cl$
b. $SnCl_2.2H_2O + 2CH_3OH + 6e^- \rightarrow Sn^{4+} + 2Cl^- + 4H_2O + 2CH_3Cl$
c. $CuCl_2.2H_2O + 2\ DEA \rightarrow [Cu(DEA)_2]^{2+} + 2\ Cl^{-} + 2\ H_2O$
d. $2[Cu(DEA)_2]^{2+} + 2Sn^{4+} + 6CH_3OH \rightarrow 2CuSnO_3 + 2CH_3OH + 4H^+ + 2[Cu(DEA)_2]^{2+}$ (Zhou, Zhao, Ren, Song, & Han, 2011).

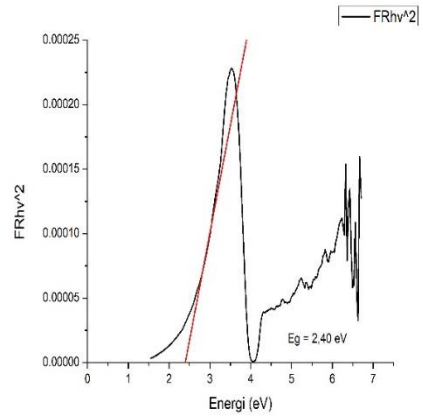
Lapisan tipis $CuSnO_3$ yang dihasilkan melalui proses sintesis ini dikarakterisasi menggunakan UV-DRS. UV-DRS dapat digunakan untuk mengukur penyerapan pada permukaan dan dalam sampel melalui pantulan cahaya. Saat ini, UV-DRS banyak digunakan dalam analisis kuantitatif keramik rantai, batu permata, hasil pertanian, tembakau, makanan, dan obat-obatan (Zhang, et al., 2020). Karakterisasi menggunakan UV-DRS ini dilakukan untuk mengetahui besar energi gap setiap sampel menggunakan data reflektansi yang diperoleh. Berikut adalah nilai gap yang diperoleh untuk setiap sampel dalam variasi pertama sehingga dapat diperoleh lapisan tipis dengan penambahan DEA optimal.



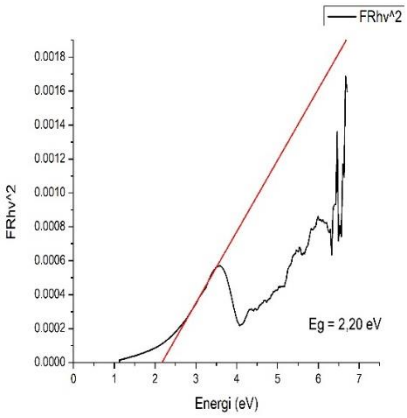
Gambar 2. Energi gap lapisan tipis $CuSnO_3$.

Dari gambar 2, dapat dilihat bahwa setiap lapisan tipis memiliki nilai energi gap yang berbeda. Energi gap adalah selisih energi antara pita valensi dan pita konduksi yang menentukan jumlah energi yang diperlukan untuk membuat elektron melompat dari pita valensi ke pita konduksi (Aminullah, et al., 2019). Nilai energi gap lapisan tipis $CuSnO_3$ yang diperoleh berada dalam rentang 2,0-2,4 eV. Hal ini sesuai dengan nilai energi gap $CuSnO_3$ jika merujuk pada (Kim, et al., 2018), di mana $CuSnO_3$ memiliki energi gap dalam rentang 2,0-2,5 eV.

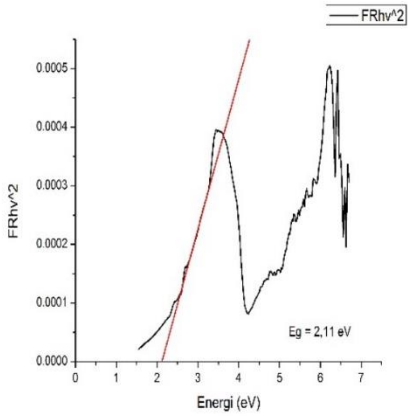
Gambar 2 juga menunjukkan terjadinya penurunan energi gap seiring dengan peningkatan volume DEA hingga mencapai volume maksimum yaitu pada penambahan DEA 1,5 mL. Oleh karena itu, lapisan tipis $CuSnO_3$ dengan penambahan 1,5 ml DEA (Eg = 2,11 eV) merupakan sampel dengan energi gap yang paling bagus. Penentuan nilai energi gap paling bagus ini dilakukan dengan mengambil energi gap terendah yang berada dalam rentang 2,0-2,5 eV (Kim, et al., 2018). Oleh karena itu, lapisan tipis $CuSnO_3$ yang disintesis dengan penambahan DEA 1,5 mL selanjutnya digunakan sebagai acuan untuk melanjutkan sintesis lapis tipis $CuSnO_3$ dalam variasi kedua. Berikut adalah grafik energi gap lapisan tipis $CuSnO_3$.



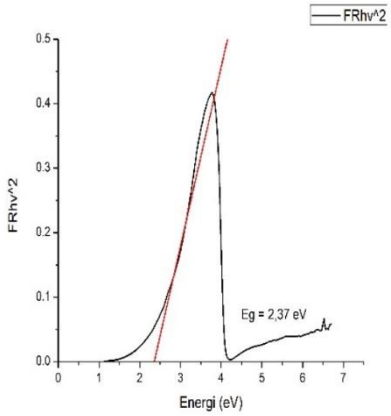
(a)



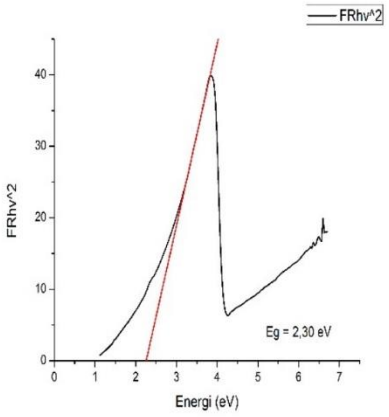
(b)



(c)



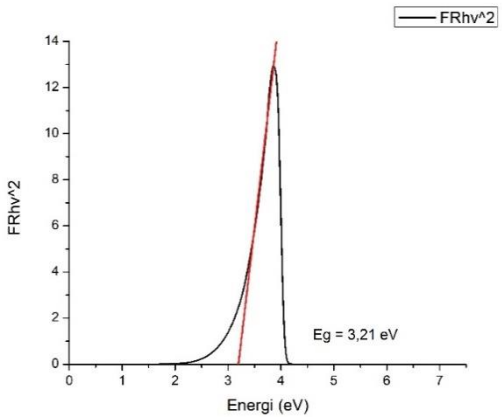
(d)



(e)

Gambar 3. Grafik energi Gap Lapisan Tipis $CuSnO_3$: (a). Penambahan DEA 0.5 mL, (b). Penambahan DEA 1 mL, (c). Penambahan DEA 1.5 mL, (d). Penambahan DEA 2 mL, (e). Penambahan DEA 2.5 mL

Pengujian UV-DRS juga dilakukan untuk sampel tanpa penambahan DEA. Pengujian ini dilakukan untuk melihat pengaruh penambahan DEA terhadap nilai energi gap lapisan tipis. Berikut adalah grafik energi gap lapisan tipis $CuSnO_3$ yang disintesis tanpa penambahan DEA.



Gambar 4. Grafik energi gap lapisan tipis $CuSnO_3$ tanpa penambahan DEA

Gambar 4 menunjukkan nilai energi gap yang diperoleh untuk sampel tanpa penambahan DEA. Nilai energi gap yang diperoleh yaitu 3,21 eV. Artinya, untuk memindahkan atau mengeksitasi elektron dari pita valensi ke pita konduksi membutuhkan energi sebesar 3,21 eV.

Merujuk pada (Aminullah, et al., 2019), material semikonduktor memiliki energi gap antara 0-4 eV. Material semikonduktor memiliki sifat dapat menghantarkan listrik dengan baik jika memiliki celah antar pita yang sempit. Dengan kata lain, semakin kecil energi gap suatu material semikonduktor, maka semakin besar peluangnya untuk diaplikasikan dalam berbagai bidang. Hal ini disebabkan oleh semakin mudahnya elektron tereksitasi jika energi gap-nya kecil, sehingga material tersebut dapat menghasilkan listrik dengan lebih baik sebagai dampak dari perpindahan elektron yang terjadi.

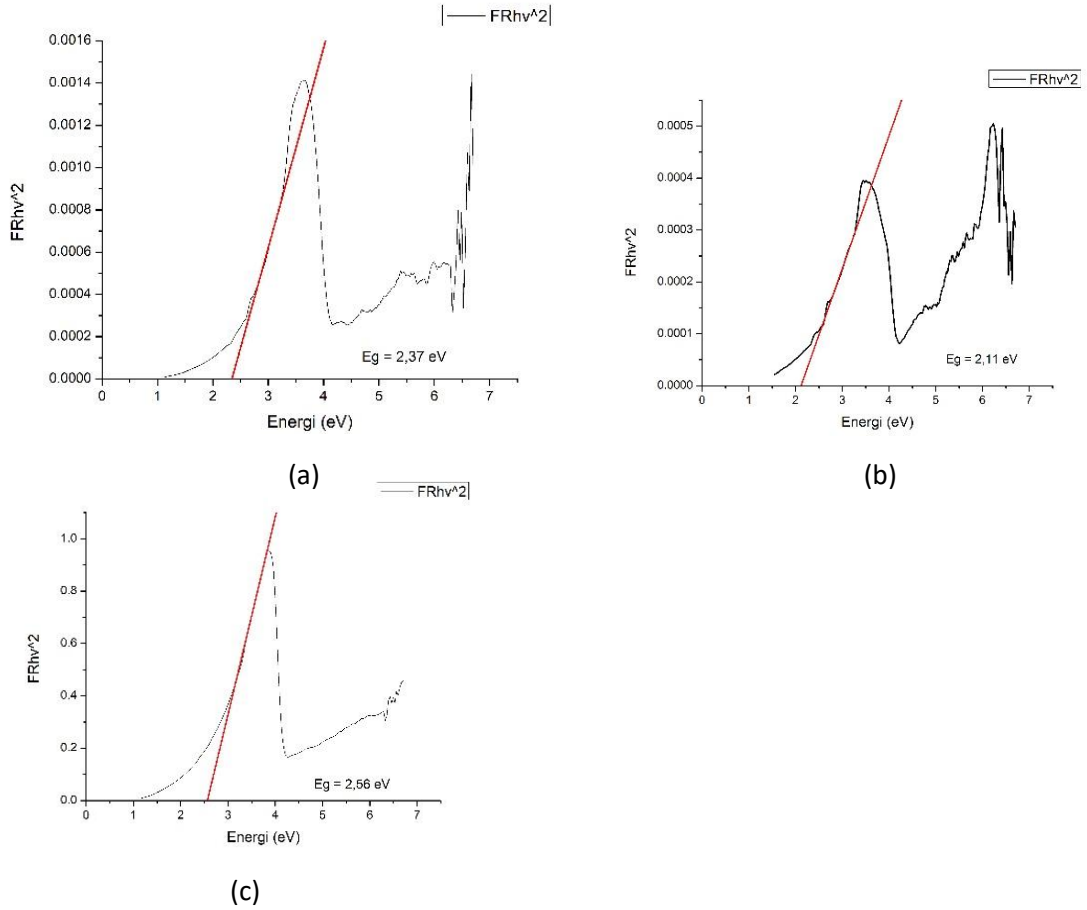
Nilai energi gap sampel tanpa penambahan DEA, masih termasuk dalam rentang energi gap material semikonduktor. Namun, sampel ini tidak cukup baik jika dibandingkan dengan sampel yang ditambah DEA. Dari data sebelumnya, dapat terlihat bahwa sampel dengan penambahan DEA mengalami penurunan energi gap yang cukup siginifikan. Dengan kata lain, dibandingkan sampel tanpa penambahan DEA (Eg = 3,21 eV), elektron akan lebih mudah tereksitasi pada sampel yang diberi DEA karena seluruh sampel memiliki nilai energi gap yang cukup rendah (dalam rentang 2-2,5 eV).

2. Pengaruh Suhu Kalsinasi dalam Sintesis Lapisan Tipis $CuSnO_3$

Suhu kalsinasi dalam proses sintesis lapisan tipis semikonduktor memiliki dampak penting pada sifat optik dan elektronik material tersebut. Suhu yang lebih tinggi selama kalsinasi dapat menghasilkan perubahan yang signifikan dalam lapisan tipis. Pertama, suhu kalsinasi yang tinggi cenderung meningkatkan transmitansi lapisan tipis, yang berarti cahaya lebih mudah melewati lapisan tersebut dan lebih sedikit yang dipantulkan (Liman, Harsono, & Soenandi, 2023). Hal ini dapat menghasilkan lapisan tipis yang lebih transparan. Jika terlalu transparan, sebagian besar cahaya matahari hanya akan melewati lapisan tipis tanpa terjadinya penyerapan sehingga efektivitas penggunaan lapisan tipis akan berkurang, terlebih jika akan digunakan sebagai panel surya.

Selain itu, perbedaan suhu kalsinasi juga berdampak pada pembentukan kristal lapisan tipis. Semakin tinggi suhu kalsinasi, kecenderungan pembentukan kristal akan lebih tinggi.

Dalam penelitian ini, dilakukan variasi suhu kalsinasi yaitu pada suhu 500°C, 550°C, dan 600°C. Larutan yang digunakan untuk membuat lapisan tipis $CuSnO_3$ dalam variasi suhu kalsinasi ini adalah larutan yang ditambahkan DEA 1,5 mL, yaitu lapisan tipis dengan energi gap paling rendah yang diperoleh dari variasi 1. Berikut adalah hasil uji UV-DRS untuk lapisan tipis $CuSnO_3$ yang dikalsinasi pada suhu 500°C, 550°C, dan 600°C.



Gambar 5. Grafik Energi Gap Lapisan Tipis $CuSnO_3$: (a). Suhu kalsinasi 500°C, (b). Suhu kalsinasi 550°C, (c). Suhu kalsinasi 600°C

Dari grafik di atas, dapat dilihat bahwa lapisan tipis $CuSnO_3$ yang dikalsinasi pada suhu 500°C, 550°C, dan 600°C masing-masing memiliki energi gap 2,37 eV, 2,11 eV, dan 2,56 eV. Energi gap terendah dimiliki oleh lapisan tipis yang dikalsinasi pada suhu 550°C

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan terkait pengaruh penambahan DEA dan suhu kalsinasi dalam sintesis lapis tipis $CuSnO_3$ menggunakan metode sol-gel, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

1. Sintesis lapis tipis $CuSnO_3$ dengan penambahan DEA berhasil dilakukan. DEA memberikan pengaruh yang signifikan dalam penurunan nilai energi gap lapisan tipis $CuSnO_3$ dari 3,21 eV (tanpa DEA) menjadi 2,11 eV (penambahan DEA optimum, 1.5 mL) ketika dikarakterisasi menggunakan UV-DRS.

2. Suhu kalsinasi yang diterapkan dalam sintesis lapisan tipis $CuSnO_3$ memberikan dampak yang berbeda. Setiap variasi suhu menghasilkan energi gap yang berbeda. Energi gap terendah didapat dari sampel yang dikalsinasi pada suhu 550°C.

DAFTAR PUSTAKA

Aminullah, M. W., Setiawan, H., Huda, A., Samaulah, H., Haryati, S., & Bustan, M. D. (2019). Pengaruh Komposisi Material Semikonduktor dalam Menurunkan Energi Band Gap dan Terhadap Konversi Gelombang Mikro. *Jurnal EECCIS*, 65-70.

Benelmekki, M., & Erbe, A. (2019). *Nanostructured Thin Film-Background, Preparation and Relation to The Technological Revolution of The 21st Century*. Elsevier Ltd.

Borhade, V., Tope, D., & Sangle, S. (2019). Synthesis, Characterization, and Photocatalytic Application of CuSnO3 Perovskite Oxide. *Journal of Emerging Technologies and Innovative Research (JETIR)*, 382-386.

Chen, Y.-F., Lee, C.-Y., Yeng, M.-Y., & Chiu, H.-t. (2003). The Effect of Calcination Temperature on The Crystallinity of TiO2 Nanopowders. *Journal of Crystal Growth*, 363-370.

Kim, B. N., Seo, G. K., Hwang, S. W., Yu, H., Ahn, B., Seo, H., & Cho, I. S. (2018). Photophysical Properties and Photoelectrochemical Performances of Sol-Gel Derived Copper Stannate (CuSnO3) Amorphous Semiconductor for Solar Water Splitting Application. *Ceramics International*, 1-13.

Kuriah, Y., & Sugihartono, I. (2018). Studi Deposisi Lapisan Tipis ZnO Menggunakan Teknik Dip Coating. *Wahana Fisika*, 88-92.

Liman, J., Harsono, B., & Soenandi, I. A. (2023). Sintesi dan Karakterisasi Sifat Optik Material Feroelektrik Barium Zirkonium Titanat (BaZr0,5Ti0,5O3) dengan Variasi Suhu Kalsinasi. *Jurnal Teori dan Aplikasi Fisika*, 81-88.

Liu, T., Du, R.-b., & Kong, X.-j. (2012). Preparation and Electrochemical Properties of Amorphous Tin-copper Composite Oxide CuSnO3. *Trans Tech Publications*, 31-35.

Mohanta, D., Raha, S., Gupta, S. V., & Ahmaruzzaman, M. (2019). Bioinspired Green Synthesis of Engineered CuSnO3 Quantum Dots: An Effective Material for Superior Photocatalytic Degradation of Rabeprazole. *Materials Letters*, 193-196.

Ning, T., Ji, F., Ma, J., Song, Z., Pei, X., & Tan, Y. (2009). Study on Fabrication and Properties of Copper-tin-oxide Thin Films. *Trans Tech Publications*, 787-790.

Oral, A., Mensur, E., Aslan, M., & Basaran, E. (2003). The Preparation of Copper (II) Oxide thin Films and The Study of Their Microstructures and Optical Properties. *Materials Chemistry and Physics*, 140-144.

Salaha, M., Murphy, P., Hall, C., Francis, C., Kerr, R., & Fabretto, M. (2019). Pure Silicon Thin-Film Anodes for Lithium-Ion Batteries: A Review. *Journal of Power Sources*, 48-67.

Tahar, R. B., Tahar, N. B., & Salah, A. B. (2007). Preparation and Characterization of PZT Solid Solutions Via Sol-Gel Process. *Journal of Crystal Growth*, 40-43.

Wanarattikan, P., Jitthammapirom, P., Sakdanuphab, R., & Sakulkalavek, A. (2019). Effect of Grain Size and Film Thickness on the Thermoelectric Properties of Flexible Sb2Te3 Thin Films. *Advances in Materials Science and Engineering*, 1-7.

Zhang, H., Wang, X., wang, J., Chen, Q., Huang, H., Huang, L., . . . Ma, X. (2020). UV-Visible Diffuse Reflectance Spectroscopy Used in Analysis of Lignocellulosic Biomass Material. *Wood Science and Technology*.

Zhou, J., Zhao, G., Ren, X., Song, B., & Han, G. (2011). Effects pf Diethanolamine on The Evolution of Silver/Titanium Dioxide Sol-Gel Process. *Sol-Gel Sci Technol*, 148-155.