

STUDI SIFAT OPTIK BERDASARKAN PREKURSOR DALAM SINTESIS ZnO

Viza Novia Putri, Iwantono*, Puji Nurrahmawati, Nashiha Chalvi Syahra
Jurusan Fisika FMIPA Universitas Riau

*E-mail korespondensi: iwantono@lecturer.unri.ac.id

ABSTRACT

ZnO is a semiconductor material that can be applied for solar cells, biosensors, and electronics. In this study, the synthesis of ZnO was carried out using two precursors, namely zinc acetate dihydrate (ZAD) and zinc nitrate hexahydrate (ZNH). Synthesis of ZnO determine the optical properties based on the precursors. The synthesis of ZnO by hydrothermal method. The results of ZnO were analyzed using UV-Vis spectroscopy characterization. UV-Vis spectroscopy characterization determine for the absorbance and transmittance of the samples. The wavelength range was 200 – 800 nm. The absorbance spectrum shows strong absorption occurs at UV wavelengths. That are effectively applied to solar cells. The highest absorbance was obtained by the ZAD precursor. The transmittance for the ZAD precursor exceeded 8.8% and ZNH precursor it exceeded 19.7% at visible light wavelengths. The band gap energy of ZnO with ZAD precursor and ZNH precursor are 2.85 eV and 2.87 eV. Furthermore, other optical properties have been calculated from absorbance measurements such as the urbach energy.

Keywords: ZnO, Precursor, Optical Properties, Hydrothermal.

ABSTRAK

ZnO merupakan material semikonduktor yang dapat diaplikasikan pada sel surya, biosensor, dan bidang elektronika. Sintesis ZnO pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan dua prekursor yaitu zinc acetat dihydrate (ZAD) dan zinc nitrate hexahydrate (ZNH). Sintesis ini dilakukan untuk mengetahui sifat optik berdasarkan prekursor. Metode yang digunakan dalam sintesis ZnO yaitu metode hidrotermal. Hasil sintesis dianalisa menggunakan karakterisasi Spektroskopi UV-Vis. Karakterisasi spektroskopi UV-Vis dilakukan untuk mengetahui absorbansi dan transmitansi dari sampel yang diukur pada rentang panjang gelombang 200 – 800 nm. Spektrum absorbansi memperlihatkan penyerapan kuat terjadi pada panjang gelombang UV yang efektif diaplikasikan untuk sel surya. Absorbansi tertinggi diperoleh oleh prekursor ZAD. Transmitansi untuk prekursor ZAD diatas 8,8%, sedangkan untuk prekursor ZNH di atas 19,7% pada spektrum cahaya tampak. Lebar celah pita energi untuk ZnO dengan prekursor ZAD yaitu 2,85 eV, sedangkan untuk ZnO dengan prekursor ZNH yaitu 2,87 eV. Selanjutnya sifat optik lainnya telah dihitung dari pengukuran absorbansi seperti energi urbach.

Kata kunci: ZnO, Prekursor, Sifat Optik, Hidrotermal.

Diterima 27-09-2022 | Disetujui 10-02-2023 | Dipublikasi 31-03-2023

PENDAHULUAN

Bahan semikonduktor yang banyak digunakan saat ini adalah senyawa semikonduktor oksida logam [1]. Salah satu oksida logam yaitu ZnO sangat menarik karena memiliki potensi aplikasi yang luas. ZnO banyak diaplikasikan pada sel surya, biosensor, bidang elektronika. Senyawa semikonduktor ini telah terbukti sebagai media hamburan yang

baik, mampu menghasilkan penguatan cahaya ultra-violet (UV) [2]. Keunggulan lainnya dari ZnO yaitu memiliki sifat mobilitas elektron tinggi, transparansi yang baik, dan luminisen yang kuat pada suhu ruang [3]. Sintesis dari ZnO dapat dibentuk menjadi beberapa bentuk morfologi nanomaterial, diantaranya ialah *nanowire*, *nanotube*, dan *nanosheet* [4].

Salah satu metode sintesis yang menarik dalam pembuatan ZnO yaitu metode hidrotermal. Metode hidrotermal adalah sintesis yang dilakukan pada pemanasan reaktan dalam wadah tertutup menggunakan medium air yang mengakibatkan suhu dan tekanan meningkat. Proses hidrotermal memiliki beberapa keunggulan dibandingkan proses lainnya seperti penggunaan peralatan sederhana, pertumbuhan bebas katalis, biaya rendah, ramah lingkungan dan kurang berbahaya. Temperatur reaksi yang relatif rendah membuat metode ini menarik untuk mikroelektronika dan elektronik plastik [5].

Prekursor memiliki peran penting dalam proses sintesis. Prekursor adalah senyawa yang berpartisipasi dalam reaksi kimia yang menghasilkan senyawa lain. Variasi prekursor yang berbeda akan mempengaruhi sifat optik dan morfologi dari ZnO [6]. Beberapa penelitian telah menggunakan *zinc acetat dihydrate* (ZAD) dan *zinc nitrate hexahydrate* (ZNH) sebagai prekursor dalam sintesis ZnO dan diperoleh hasil yang cukup baik. Berdasarkan beberapa hal yang dikemukakan, maka pada penelitian ini akan disintesis ZnO menggunakan metode hidrotermal dengan variasi prekursor ZAD dan ZNH untuk mengetahui sifat optik pengaruh perbedaan prekursor dalam sintesis ZnO.

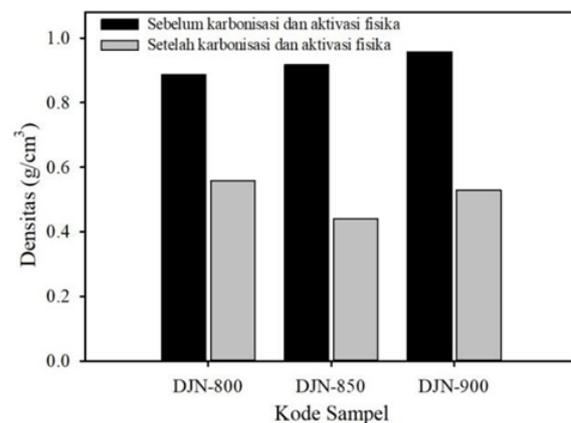
METODE PENELITIAN

Penelitian ini diawali dengan persiapan alat dan bahan yang digunakan dan dilanjutkan dengan proses sintesis. Tahap pertama dalam mensintesis ZnO dengan prekursor ZAD dilakukan dengan cara membuat larutan 0,1 M $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ dengan campuran metanol. Pada tahap kedua, membuat larutan 0,3 M NaOH dengan pelarut metanol sambil diaduk menggunakan *magnetic stirrer*. Selanjutnya pada tahap ketiga, pada larutan ZAD ditambahkan tetes demi tetes larutan NaOH untuk memperoleh nilai pH reaktan antara 8 dan 11, sambil diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dan dipanaskan pada suhu 150°C selama 6 jam. Kemudian larutan ZnO

diannealing menggunakan oven selama 2 jam dengan suhu 100°C. Produk yang dihasilkan berupa padatan putih. Produk yang mengendap dicuci, disaring dan kemudian dikeringkan di dalam oven pada suhu 60°C selama 24 jam.

Proses sintesis ZnO menggunakan prekursor ZNH dibuat dengan membuat larutan 0,5 M $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dengan pelarut air suling sambil diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 30 menit. Sementara itu, larutan 5 M NaOH dibuat dengan mencampurkan dengan air suling. Larutan NaOH ditambahkan tetes demi tetes ke larutan sebelumnya dengan pengadukan terus menerus sampai pH reaktan menjadi 12. Selanjutnya larutan ZnO yang telah terbentuk diannealing menggunakan oven pada suhu 100°C selama 2 jam. Larutan yang dihasilkan dibilas, kemudian disaring dan dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C selama 24 jam. Karakterisasi sampel dilakukan menggunakan spektroskopi UV-Vis.

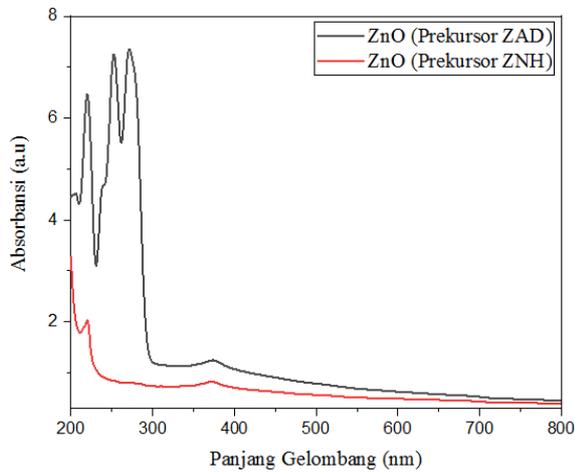
HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 2. Pola difraksi sinar-X untuk elektroda karbon jeruk nipis.

Spektrum absorpsi sampel hasil dari karakterisasi spektroskopi UV-Vis ditampilkan dalam bentuk grafik absorbansi sebagai fungsi dari panjang gelombang. Gambar 1 memperlihatkan kurva absorbansi dari ZnO dengan prekursor ZAD dan prekursor ZNH. Pada gambar tersebut diperlihatkan penyerapan kuat ZnO dengan prekursor ZAD terjadi pada rentang panjang gelombang 200 – 272 nm, sedangkan untuk sampel ZnO dengan prekursor

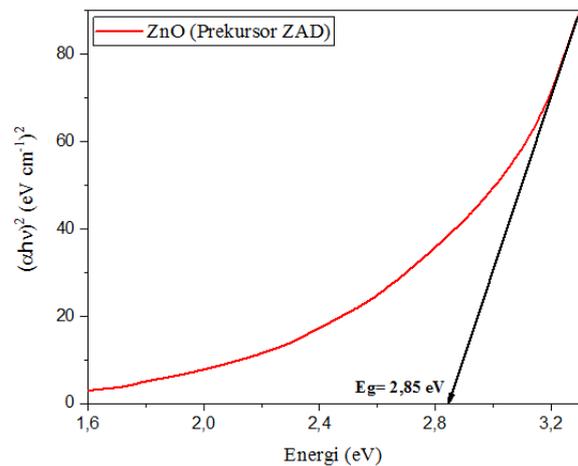
ZNH terjadi pada rentang panjang gelombang 200 – 220 nm. Penyerapan lemahnya terjadi pada panjang gelombang cahaya tampak. Karakteristik spektrum penyerapan UV-Vis untuk nanomaterial ZnO berada pada rentang panjang gelombang 200 – 400 nm dengan struktur heksagonal, sehingga dapat dikatakan ZnO dengan menggunakan dua prekursor yang berbeda telah terbentuk [7]. Gambar 1 juga menunjukkan tingkat penyerapan sampel untuk ZnO (prekursor ZAD) dan ZnO (prekursor ZNH) adalah 7,33 a.u dan 3,29 a.u. Variasi puncak serapan UV-Vis di antara nanomaterial ZnO disebabkan oleh perbedaan ukuran dan bentuknya, yang diakibatkan oleh variasi prekursor [8].



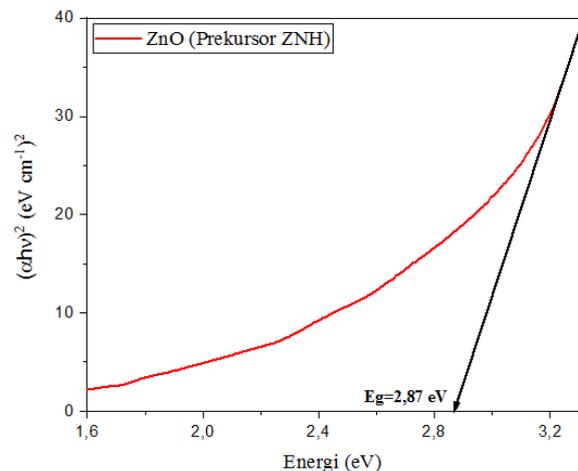
Gambar 1. Grafik spektrum absorbansi UV-Vis ZnO dengan prekursor ZAD dan ZnO dengan prekursor ZNH.

Energi gap dari penyerapan sampel ditentukan dengan mentransformasikan grafik absorbansi menjadi grafik $(\alpha h\nu)^2$ sebagai fungsi dari energi gap. Transformasi tersebut dilakukan menggunakan persamaan Tauc, kemudian nilai energi gap dapat ditentukan dengan teknik ekstrapolasi yaitu garis lurus ke sumbu-x [9]. Nilai energi gap menunjukkan pergerakan elektron dalam melintasi pita valensi menuju pita konduksi. Apabila energi gap kecil elektron akan mudah tereksitasi dari pita valensi ke pita konduksi. Gambar 2 dan Gambar 3 menunjukkan grafik ekstrapolasi hasil transformasi linear $(\alpha h\nu)^2$ vs $(h\nu)$ untuk sampel ZnO dengan prekursor yang berbeda.

Perbedaan nilai energi band gap yang dihasilkan dari prekursor yaitu sebesar 2,85 eV prekursor ZAD dan 2,87 eV prekursor ZNH. Nilai energi band gap yang berbeda dari nilai bulk ZnO (3,37 eV) dipengaruhi oleh waktu dan suhu reaksi. Pergeseran biru ini dapat dikaitkan dengan efek kurungan kuantum dalam sampel seng oksida [10]. Selain itu, hal tersebut mungkin juga disebabkan adanya gugus hidroksil (-OH) yang teradsorpsi pada permukaan nanomaterial ZnO dan dapat mengurangi energi celah pita [11]. Berdasarkan energi band gap yang diperoleh menandakan bahwa nanomaterial ZnO telah terbentuk [12]. Tabel 1 memperlihatkan nilai energi gap untuk sampel ZnO (prekursor ZAD) dan ZnO (prekursor ZNH).



Gambar 2. Energi band gap ZnO dari Prekursor ZAD.

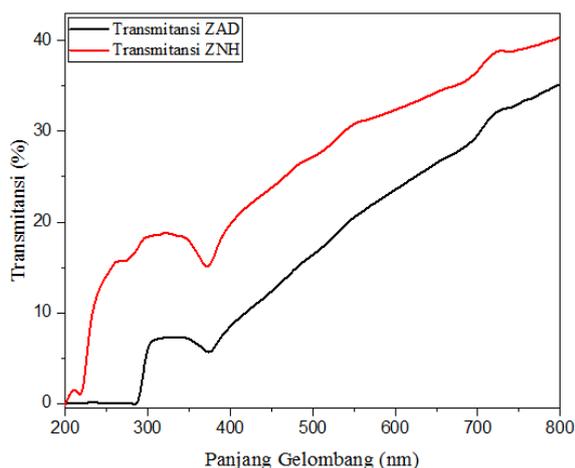


Gambar 3. Energi band gap ZnO dari Prekursor ZNH.

Tabel 1. Energi gap ZnO dengan menggunakan dua prekursor yang berbeda.

Sampel	Energi gap (eV)
ZnO (Prekursor ZAD)	2,85 eV
ZnO (Prekursor ZNH)	2,87 eV

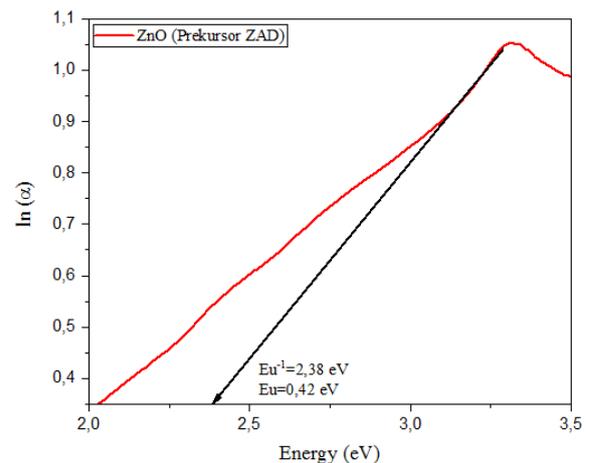
Gambar 4 menunjukkan transmitansi yang meningkatnya seiring dengan panjang gelombang yang meningkat. Terlihat bahwa ZnO dengan kedua prekursor memiliki pola yang meningkat dengan tajam. Peningkatan tajam terjadi pada panjang gelombang 400 – 800 nm. Transmitansi untuk prekursor ZAD di atas 8,8% pada panjang gelombang tampak, sedangkan untuk prekursor ZNH di atas 19,7% pada panjang gelombang cahaya tampak. Nilai presentase transmitansi tinggi, berarti permukaan akan memungkinkan lebih banyak cahaya untuk lewat. Demikian pula, jika nilai persentase transmitansi rendah, berarti permukaan menyerap lebih banyak cahaya. Nilai transmitansi ZnO (prekursor ZNH) lebih tinggi dibandingkan ZnO (prekursor ZAD) dikarenakan absorpsi yang lebih rendah terjadi pada ZnO (prekursor ZNH) yang disebabkan oleh lebih banyaknya cahaya yang dilewati dibandingkan diserap.



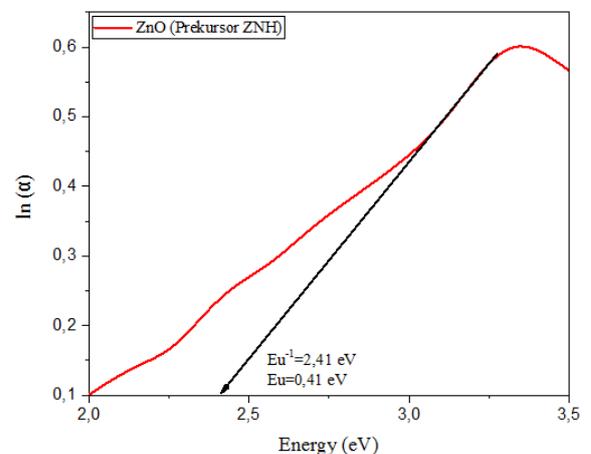
Gambar 4. Grafik spektrum transmitansi UV-Vis ZnO dengan prekursor ZAD dan ZnO dengan prekursor ZNH.

Spektrum absorptansi dapat digunakan untuk menghitung energi urbach dari ZnO yang merupakan salah satu parameter sifat optik lainnya. Nilai energi urbach diperoleh dari

mentransformasikan grafik absorptansi menjadi grafik $\ln(\alpha)$ sebagai fungsi dari energi (eV). Selanjutnya mengambil kebalikan dari kemiringan grafik. Energi urbach dari ZnO (prekursor ZAD) yaitu 0,42 eV, sedangkan energi urbach dari ZnO (prekursor ZNH) yaitu 0,41 eV. Hasil ini mendekati hasil yang diperoleh oleh F. Khamis *et al.* (2020) yaitu sebesar 0,38eV [13]. Nilai energi urbach berbanding terbalik dengan energi gap, yang berarti bahwa sampel yang memiliki celah pita yang lebih sempit memiliki ekor pita yang lebih lebar [14]. Oleh karena itu energi urbach dari ZnO (prekursor ZAD) lebih besar dari ZnO (prekursor ZNH) dikarenakan celah pita ZnO (prekursor ZAD) lebih sempit dibandingkan dengan ZnO (prekursor ZNH). Energi urbach yang lebih tinggi menunjukkan ketidakaturan tinggi keadaan fonon.



Gambar 5. Energi urbach dari ZnO (prekursor ZAD).



Gambar 6. Energi urbach dari ZnO (prekursor ZNH).

KESIMPULAN

Spektrum absorpsi UV-Vis menunjukkan penyerapan kuat terjadi pada panjang gelombang UV. Puncak penyerapan ZnO dengan prekursor ZAD terjadi pada rentang panjang gelombang 200 – 272 nm, sedangkan untuk ZnO dengan prekursor ZNH terjadi pada rentang panjang gelombang 200 – 220 nm. Selain itu, absorpsi tertinggi dihasilkan oleh ZnO (prekursor ZAD). Energi gap dari ZnO (prekursor ZAD) sebesar 2,85 eV, sedangkan energi gap dari ZnO (prekursor ZNH) sebesar 2,87 eV. Transmittansi untuk prekursor ZAD melebihi 8,8%, sedangkan untuk prekursor ZNH melebihi 19,7% pada panjang gelombang cahaya tampak. Energi urbach dari ZnO (prekursor ZAD) sebesar 0,42 eV, sedangkan energi urbach dari ZnO (prekursor ZNH) sebesar 0,41 eV.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada *Asian Development Bank* (ADB) melalui proyek *Advanced Knowledge and Skills for Sustainable Growth in Indonesia* (AKSI) UNRI yang menyediakan dana Program Riset Penelitian Mahasiswa Tahun Anggaran 2022.

REFERENSI

1. Wardhana, R. K., Kharisma, H. H. D., Mardiah, A., & Siswoyo, E. (2019). Sintesis biosemikonduktor menggunakan serat nata de cassava dari limbah cair tapioka. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*, **11**(2), 143–154.
2. Fan, H., & Zhu, X. (2017). Effect of ZnO-processing methods on device performance and stability of effective inverted solar cells. *Applied Physics Letters*, **111**(3), 1–5.
3. Wang, X., Song, J., Wang, Z. L., & Wang, Z. L. (2007). Nanowire and nanobelt arrays of zinc oxide from synthesis to properties and to novel devices. *Journal of Materials Chemistry*, **17**(8), 711–720.
4. Iwantono, Anggelina, F., Pajrin, E., Umar, A. A., & Awitdrus. (2016). Penumbuhan nanostruktur ZnO yang di-doping boron (B) menggunakan metode hidrotermal dengan variasi suhu annealing dan efeknya pada performansi DSSC. *Prosiding SEMIRATA Bidang MIPA*, BKS-PTN Barat, Palembang, 22-24 Mei 2016, 1073–1077.
5. Lee, C. Y., Tseng, T. Y., Li, S. Y., & Lin, P. (2006). Effect of phosphorus dopant on photoluminescence and field-emission characteristics of $Mg_{0.1}Zn_{0.9}O$ nanowires. *Journal of Applied Physics*, **99**(2), 1–6.
6. Ghassan, A. A., Mijan, N. A., & Taufiq-Yap, Y. H. (2019). Nanomaterials: An overview of nanorods synthesis and optimization. *Nanorods and nanocomposites*, **11**(11), 8–33.
7. Irannejad, A., Janghorban, K., Tan, O. K., Huang, H., Lim, C. K., Tan, P. Y., Fang, X., Chua, C. S., Maleksaeedi, S., Hejazi, S. M. H., Shahjamali, M. M., & Ghaffari, M. (2011). Effect of the TiO_2 shell thickness on the dye-sensitized solar cells with ZnO- TiO_2 core-shell nanorod electrodes. *Electrochimica Acta*, **58**(1), 19–24.
8. Getie, S., Belay, A., Chandra Reddy, A. R., & Belay, Z. (2017). Synthesis and characterizations of zinc oxide nanoparticles for antibacterial applications. *Journal of Nanomedicine and Nanotechnology*, **8**(4), 1–8.
9. Tauc, J., Grigorovici, R., & Vancu, A. (1966). Optical properties and electronic structure of amorphous germanium. *Physica Status Solidi (B)*, **15**(2), 627–637.
10. Wasly, H. S., Abd El-Sadek, M. S., & Henini, M. (2018). Influence of reaction time and synthesis temperature on the physical properties of ZnO nanoparticles synthesized by the hydrothermal method. *Applied Physics A: Materials Science & Processing*, **124**(76), 1–12.
11. Subalakshmi, K., Senthilselvan, J., Kumar, K. A., Kumar, S. A., & Pandurangan, A. (2017). Solvothermal synthesis of

- hexagonal pyramidal and bifrustum shaped ZnO nanocrystals: natural betacyanin dye and organic Eosin Y dye sensitized DSSC efficiency, electron transport, recombination dynamics and solar photodegradation investigations. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, **28**, 15565–15595.
12. Mazhdi, M., & Tafreshi, M. J. (2018). The effects of gadolinium doping on the structural, morphological, optical, and photoluminescence properties of zinc oxide nanoparticles prepared by co-precipitation method. *Applied Physics A: Materials Science and Processing*, **124**(12), 1–8.
 13. Khamis, F., Zaggout, F. N., & Degig, N. M. (2020). Optical properties of pure zinc oxide thin films prepared by sol-gel method. *Al-satil*, **14**(22), 15–27.
 14. Anyaegbunam, F. N. C., Augustine, C. (2018). A study of optical band gap and associated urbach energy tail of chemically deposited metal oxides binary thin films. *Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures*, **13**(3), 847–856.



Artikel ini menggunakan lisensi
[Creative Commons Attribution
4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)