

## SINTESIS DAN KARAKTERISTIK SIFAT OPTIK SEMIKONDUKTOR ZnO DAN ZnO DOPPING Cu

Sinta marito Siagian<sup>1)</sup>, Suci Khairani<sup>2)</sup>, Samaria Chrisna HS<sup>3)</sup>, Ferdinan Rinaldo Tampubolon<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Program Studi Teknik Listrik, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Medan  
Medan, Sumatera Utara, Indonesia

<sup>2)</sup>Program Studi Teknik Komputer, Jurusan Teknik Komputer, Politeknik Negeri Medan  
Medan, Sumatera Utara, Indonesia)

<sup>3)</sup>Program Studi Teknik Elektronika, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Medan  
Medan, Sumatera Utara, Indonesia

Corresponding author : Sinta Marito Siagian  
E-mail : sintasiagian@polmed.ac.id

Diterima 14 April 2022, Disetujui 04 Mei 2022

### ABSTRAK

Telah dilaksanakan penelitian ZnO dan ZnO doping tembaga yang bertujuan untuk mengetahui sifat optik material tersebut meliputi nilai absorbansi dan celah pita energi. Penelitian ini diselesaikan dengan menggunakan metode *liquid phase deposition* atau kimia basah yang dilakukan dengan konsentrasi tembaga 0 dan 11%, selanjutnya dilakukan pemanasan pada *microwave* kemudian dikarakterisasi nilai absorbansi dan energi gap dengan spektrofotometri UV-VIS. Hasil yang diperoleh pada penelitian ini adalah ZnO:Cu 0% dan 11% memiliki serapan paling tinggi berada disekitar panjang gelombang 344 nm dan 358 nm, Setelah menentukan nilai absorbansinya kemudian menganalisis nilai celah pita energi dengan konsentrasi 0% dan 11% diperoleh nilai celah pita energi secara berurutan yaitu 3.37 eV dan 3.31 eV. Penambahan doping Tembaga mengakibatkan puncak absorbansi bergeser kearah panjang gelombang yang lebih besar. Sehingga dapat dikatakan bahwa bahwa ZnO:Cu baik 0% maupun 11% merupakan karakterisaasi bahan yang dapat mengabsorbsi cahaya UV.

**Kata kunci:** semikonduktor; sifat optik; absorbansi; celah pita energi.

### ABSTRACT

Research has been carried out on copper doped ZnO and ZnO which aims to determine the optical properties of these materials including absorbance values and energy band gaps. This research was completed using the liquid phase deposition method or wet chemistry which was carried out with copper concentrations of 0 and 11%, then heating in the microwave and then characterizing the absorbance value and energy gap by spectrophotometry UV-VIS. The results obtained in this study are ZnO:Cu 0% and 11% have the highest absorption around the wavelengths of 344 and 358 nm. After determining the absorbance value, then analyzing the energy band gap value with a concentration of 0% and 11%, the energy band gap values obtained respectively are 3.37 eV and 3.31 Ev. The addition of copper doping causes the absorbance peak to shift towards a larger wavelength, So it can be said that ZnO:Cu both 0% and 11% is a characterization of materials that can absorb UV light.

**Keywords:** semiconductors; optical properties; absorbance; energy gap.

### PENDAHULUAN

Beberapa material semikonduktor yang sering digunakan Titanium dioksida (TiO<sub>2</sub>) dan *Zinc Oxide* (ZnO) biasanya dimanfaatkan sebagai material Fotovoltaic, solar sell dan untuk mendegradasi polutan organik yang terlarut dalam zat cair. Material ZnO dapat menyerap fraksi spektrum cahaya matahari lebih besar dari pada TiO<sub>2</sub>. ZnO merupakan semikonduktor fotokatalis golongan II-VI dengan *direct band gap* lebar (3,3 eV) dan memiliki energi ikat eksiton bebas tertinggi (60 meV) (Ali, Ismail, Najmy, & Al-Hajry, 2014). ZnO banyak tersedia, murah dan tidak berbahaya

bagi lingkungan (Lam, Sin, Abdullah, & Mohamed, 2012). Beberapa studi menunjukkan efektifitas ZnO dibanding TiO<sub>2</sub> dalam aplikasi fotodegradasi pewarna azo. sehingga peneliti memilih memanfaatkan material semikonduktor ZnO. ZnO juga merupakan suatu bahan oksidasi yang baik digunakan sebagai fotokatalis. ZnO pada dasarnya telah banyak digunakan untuk menangani berbagai limbah seperti limbah farmasi, limbah percetakan, air limbah pembuatan kertas, dan sebagainya. Aktivitas katalitik dari ZnO jauh lebih baik dari pada bahan lain karena ZnO dapat menyerap cahaya dalam spektrum yang lebih luas

dibanding bahan lain. Aktivitas katalitik sebagian besar dipengaruhi oleh dosis dari katalis, konsentrasi reaktan, waktu pencahayaan, intensitas pencahayaan, nilai pH dan keadaan atmosfer.

Adapun metode untuk membuat ZnO antara lain *pulsed laser deposition* (PLD) (Luo et al., 2019), *spray pyrolysis* (Saravanakumar et al., 2018), *aerosol-assisted chemical vapour deposition* (AACVD) (Ma, 2021) dan *sol-gel* (Ningsih, Khair, & Veronita, 2021) dan *Liquid Phase Deposition* (Chen, Wang, & Huang, 2019). Metode LPD menjadi salah satu pilihan terbaik karena dengan peralatan yang sederhana sudah dapat menghasilkan kualitas kristal ZnO yang bagus. Meskipun demikian material ZnO juga memiliki kekurangan pada sifat optik yang diaplikasikan pada cahaya tampak dan struktur unitnya yang akan berpengaruh terhadap aktifitas semikonduktor. Sifat fotokatalisis suatu material semikonduktor sangat dipengaruhi oleh sifat optiknya. Hal ini dikarenakan kita dapat mengetahui energi gap atau celah energi antara pita valensi dan pita konduksi. Celah pita inilah yang mempengaruhi efisiensi saat proses fotokatalitik berlangsung. Semakin kecil celah pita energi maka semakin kecil pula energi yang diperlukan untuk memindahkan elektron dari pita valensi ke pita konduksi. Oleh karena itu, dalam pembuatan material fotokatalis sangat diperhatikan sifat optik material tersebut.

Pada penelitian (Sulhadi, Fatiatun, Marwoto, Sugianto, & Wibowo, 2015) dalam karakterisasi ZnO dan ZnO doping Galium diperoleh nilai energi gap ZnO sebesar 3.33 eV dan ZnO doping Galium sebesar 3.28 eV. Doping pada penelitian ini dapat menurunkan nilai energy gap nya. Sedangkan pada penelitian (Astuti et al., 2021) menggunakan doping logam Mg diperoleh nilai energi gap nya 3.11 eV. Oleh sebab itu peneliti memilih doping logam dalam memperkecil nilai energi gapnya. ZnO harus memiliki luar permukaan yang lebar agar zat warna dapat terabsorpsi optimum oleh sebab itu diperlukan pendopingan Tembaga yang merupakan salah satu logam transisi dan memiliki nomor atom 29, pada dasarnya pendopingan dengan logam transisi belum banyak dilakukan. Pendopingan Tembaga memiliki potensi untuk meningkatkan sifat fisis serta konduktivitas termal yang baik serta mudah dibuat sebagai paduan logam.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan dengan metode eksperimen pada laboratorium dengan menggunakan metode *Liquid Phase Deposition* (LPD) dengan cara mencampurkan

material/bahan 0,5 M *Zinc Asetat Dehydrate* ( $Zn(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O$ ) dengan surfaktan PEG yang telah lebih dahulu ditimbang kemudian dicampurkan dengan PVA dan asam nitrat kemudian diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 1 jam, lalu ditambahkan doping  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$  dengan fraksi 9% yang digunakan dihitung dengan menggunakan persamaan 1

$$\text{Molaritas} = \frac{\text{gram}}{Mr} \times \frac{1000}{\text{Vlarutan (ml)}} \quad (1)$$

sedangkan untuk massa yang didoping digunakan persamaan 2

$$\text{Fraksi Mol}_{Cu} = \frac{\text{Jumlah Mol}_{Cu}}{\text{Jumlah Mol}_{Zn} + \text{Jumlah Mol}_{Cu}} \quad (2)$$

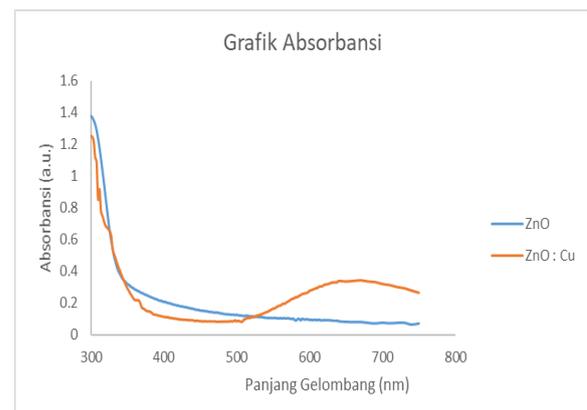
Volume asam nitrat dihitung dengan menggunakan persamaan 3

$$V = \frac{\text{Jumlah mol Zn}}{\text{Molaritas Asam Nitrate}} \quad (3)$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisis Nilai Absorbansi

Sampel dengan konsentrasi 0% dan 11% dianalisis dengan menggunakan spektrofotometri UV-VIS pada Panjang gelombang 300nm – 750nm. Hal itu dilakukan untuk mengetahui nilai Absorbansi dan Celah pita energi. Data yang diperoleh kemudian diolah dengan menggunakan *tauc plot* untuk mendapatkan nilai celah pita energi. Spektrum absorbansi sampel ZnO dan ZnO : Cu dapat dilihat pada gambar 1 ZnO:Cu 0% dan 11% memiliki serapan paling tinggi berada disekitar panjang gelombang 344 dan 358 nm.



**Gambar 1** Grafik spektrum absorbansi sampel

Nilai absorbansi cenderung lebih besar dibandingkan dengan ZnO, serta perubahan nilai terlihat pada masing-masing konsentrasi. nilai absorbansi berubah besar nya, hal itu terjadi karena banyaknya atom atom yang terlibat dalam proses penyerapan berkas cahaya. Puncak absorbansi untuk lapisan

ZnO:Cu bergeser menuju daerah panjang gelombang yang lebih kecil atau blue-shift dibandingkan dengan lapisan ZnO, hal ini menunjukkan bahwa lapisan tipis ZnO:Cu merupakan karakterisasi bahan yang dapat mengabsorpsi cahaya UV pada panjang gelombang tersebut, sehingga akan lebih efisien sebagai katalis pada cahaya UV dibandingkan dengan sinar tampak.

Berdasarkan gambaran absorbansi suatu material, maka dapat pula dianalisis nilai transmisinya yang nilainya berkebalikan dari transmisi. Transmisi ZnO dan ZnO:Cu menggunakan spektrofotometer UV-Vis diperoleh hasil pada tabel 1 berikut.

**Tabel 1** Nilai transmisi

Material	% transmisi	Panjang gelombang (nm)
ZnO	73	460
ZnO : Cu	60	366

Berdasarkan tabel 1 Secara umum, hasil pengujian sifat optik menunjukkan bahwa terjadi kenaikan transmisi pada rentang panjang gelombang 366-460 nm. Rata-rata nilai transmisi ZnO:Cu lebih rendah jika dibandingkan dengan ZnO. Hal ini diduga karena adanya tambahan doping tembaga, sehingga menghasilkan permukaan yang lebih tebal jika dibandingkan ZnO. Pada dasarnya Suatu sampel tidak akan memiliki nilai transmisi 100%. Peningkatan persen transmisi yang tajam pada rentang panjang gelombang yang sempit sebagaimana ditunjukkan pada gambar menunjukkan bahwa lapisan tipis disusun oleh material dengan stoikiometri kimia yang relatif homogen

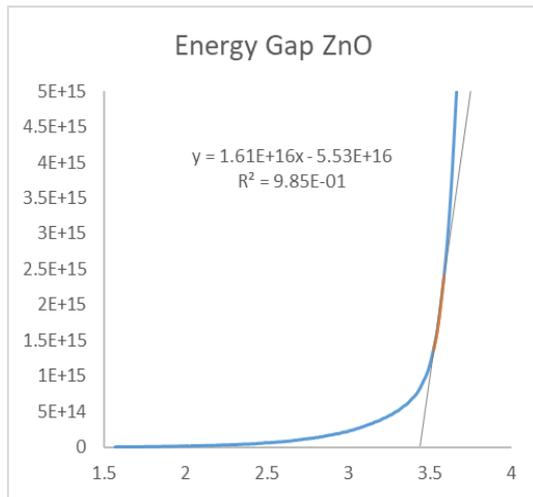
Pada panjang gelombang 460 nm perubahan nilai transmisi dapat dikatakan semakin stabil. Sinar ultraviolet memiliki nilai panjang gelombang antara 300-400 nm sehingga pada panjang gelombang tersebut, sinar ultraviolet dipancarkan akan sedikit dilewatkan oleh bahan tersebut. Cahaya dengan berbagai panjang gelombang (polikromatis) yang mengenai suatu bahan hanya akan diserap oleh bahan sesuai dengan energi dari masing-masing spektrum cahaya yang memiliki karakteristik panjang gelombang yang berbeda-beda. Elektron valensi pada tiap atom memegang peranan penting dalam suatu struktur molekul bahan fotokatalis. Elektron-elektron yang dimiliki oleh suatu molekul dapat berpindah (eksitasi), berputar (rotasi) dan bergetar (vibrasi) jika dikenai suatu energi. Jika bahan menyerap cahaya tampak dan sinar ultraviolet maka akan terjadi perpindahan elektron dari keadaan dasar menuju ke

keadaan tereksitasi. Perpindahan elektron ini disebut transisi elektronik.

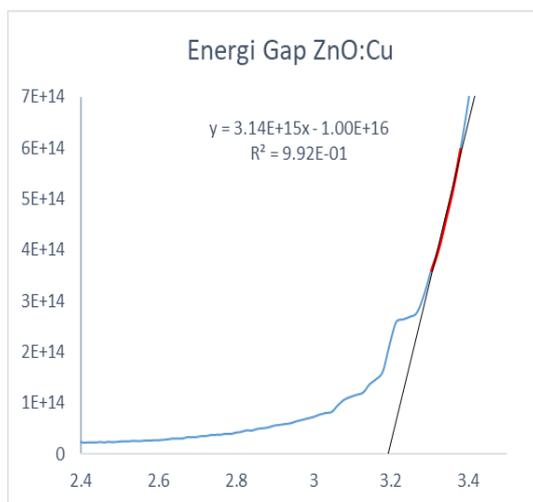
### Celah Pita Energi

Penentuan celah pita energi suatu bahan semikonduktor perlu diketahui untuk memberikan analisis mengenai sifat optik yang berkaitan dengan nilai koefisien absorpsi terhadap frekuensi foton. Berdasarkan teori absorpsi optik, hubungan antara koefisien absorpsi ( $\alpha$ ) dan energi foton ( $h\nu$ ) untuk transisi langsung, Perhitungan celah pita energi pada transisi langsung dilakukan dengan mengekstrapolasi bagian linier dari kurva ke sumbu x (the energi axis) pada nilai absorpsi nol ( $\alpha=0$ ). Plot  $(\alpha h\nu)^2$  vs  $h\nu$ . Celah pita energi merupakan sifat intrinsik semikonduktor yang dapat diperkirakan melalui pengukuran absorpsi optik. Spektra absorpsi lapisan tipis dikur pada panjang gelombang antara 350 – 800 nm pada temperatur ruang menggunakan spektrofotometri UV-VIS.

Pada dasarnya ZnO menunjukkan tepi absorpsi yang pada panjang gelombang sekitar 344 nm dan setelah penambahan tembaga pada adsorpsi bergeser ke panjang gelombang lebih tinggi (energi lebih rendah). penambahan Cu ternyata mampu merubah absorpsi cahaya pada material ZnO. Pada dasarnya adsorpsi panjang gelombang yang tepat oleh ZnO dapat meningkatkan perpindahan elektron dari pita valensi ke pita konduksi. Hole yang dihasilkan sangat penting untuk pembentukan radikal hidroksil yang digunakan untuk degradasi polutan. Setelah menentukan nilai absorbansinya kemudian menganalisis nilai celah pita energi dengan konsentrasi 0% dan 11% yang ditampilkan pada gambar 1 diperoleh nilai celah pita energi secara berurutan yaitu 3.37 eV dan 3.31 eV. Nilai Energi gap ZnO pada penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilaksanakan (Mandar & Zainul, 2019), (Saragih, Abdullah, & Kuo, 2019) dan (Pung, Ong, Isha, & Othman, 2014) memiliki nilai celah pita 3.27-3.37 eV. Pada ketiga peneliti tersebut juga menambahkan doping pada ZnO dan mengalami pengecilan ukuran celah pita energi. Pada ketiga peneliti tersebut juga menambahkan doping pada ZnO dan mengalami pengecilan ukuran celah pita energi



(a)



(b)

**Gambar 2** Plot celah pita lapisan tipis ZnO:Cu  
(a) 0%, (b) 11%

Penambahan doping Tembaga mengakibatkan puncak absorbansi bergeser ke arah panjang gelombang yang lebih besar, dapat diperhatikan berdasarkan gambar 2 Sehingga dapat dikatakan bahwa bahwa ZnO:Cu baik 0% maupun 11% merupakan karakterisasi bahan yang dapat mengabsorpsi cahaya UV. Pada penelitian ini terjadi penurunan celah pita pada penambahan doping Tembaga 11%. Penurunan nilai celah pita energi terjadi karena adanya pergantian  $Zn^{2+}$  oleh  $Cu^{2+}$  sehingga mengakibatkan terjadinya gaya tarik yang menghasilkan jarak antar atom semakin kecil atau rapat. Pada saat kondisi inilah maka elektron akan semakin cepat melompat ke pita konduksi, sehingga energi yang dibutuhkan untuk melompat menjadi lebih kecil. Hal itulah yang mengakibatkan nilai celah pita mengecil. Hal ini juga secara teoritis, Ketika ketika semikonduktor di-doping dengan unsur yang

memiliki kelebihan electron maka akan muncul energi donor, sehingga energi yang dibutuhkan elektron untuk pindah dari pita valensi menuju pita konduksi (band gap) menurun. Sehingga, mengecilnya nilai energi gap berindikasi pada peningkatan nilai efisiensi *Dye Sensitized Solar Cell*.

### SIMPULAN

Pada penelitian ini dapat disimpulkan bahwa dengan adanya penambahan doping tembaga pada semikonduktor ZnO dapat menurunkan nilai celah pita energi secara berurutan 3.4 eV hingga 3.18 eV dan pergeseran Panjang gelombang absorbansi dari 340 nm hingga 358 nm. Rata-rata nilai transmitansi ZnO:Cu sebesar 73 % lebih rendah jika dibandingkan dengan ZnO sebesar 60% Hal ini diduga karena adanya tambahan doping tembaga. Namun Penurunan nilai celah pita energi terjadi karena adanya pergantian  $Zn^{2+}$  oleh  $Cu^{2+}$  sehingga mengakibatkan terjadinya gaya tarik yang menghasilkan jarak antar atom semakin kecil atau rapat

### DAFTAR RUJUKAN

- Ali, A. M., Ismail, A. A., Najmy, R., & Al-Hajry, A. (2014). Preparation and characterization of ZnO–SiO<sub>2</sub> thin films as highly efficient photocatalyst. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 275, 37-46.
- Astuti, B., Marwoto, P., Zhafirah, A., Hamid, N., Aryanto, D., Sugianto, S., . . . Fianti, F. (2021). Structure, morphology, and optical properties of ZnO: Mg thin film prepared by sol-gel spin coating method. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-Biruni*, 10(2), 75-84.
- Chen, C.-N., Wang, J.-Y., & Huang, J.-J. (2019). Titanium oxide hollow structure layer for dye sensitized solar cell by liquid phase deposition. *SN Applied Sciences*, 1(10), 1-8.
- Lam, S.-M., Sin, J.-C., Abdullah, A. Z., & Mohamed, A. R. (2012). Degradation of wastewaters containing organic dyes photocatalysed by zinc oxide: a review. *Desalination and Water Treatment*, 41(1-3), 131-169.
- Luo, C.-Q., Ling, F. C.-C., Rahman, M. A., Phillips, M., Ton-That, C., Liao, C., . . . Djurišić, A. B. (2019). Surface polarity control in ZnO films deposited by pulsed laser deposition. *Applied Surface Science*, 483, 1129-1135.
- Ma, T. (2021). Effect of precursor concentration and sintering on functional properties of ZnO thin films deposited by aerosol-assisted chemical vapour deposition

- (AACVD). *Materials Science in Semiconductor Processing*, 121, 105413.
- Mandar, S., & Zainul, R. (2019). SINTESIS DAN KARAKTERISASI NANO ZnO DOPING CU. *Periodic*, 8(1), 20-23.
- Ningsih, S. K. W., Khair, M., & Veronita, S. (2021). Synthesis and Characterization of ZnO Nanoparticles Using Sol-Gel Method. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 10(1), 59-67.
- Pung, S., Ong, C., Isha, K. M., & Othman, M. (2014). Synthesis and characterization of Cu-doped ZnO nanorods. *Sains Malaysiana*, 43(2), 273-281.
- Saragih, A. D., Abdullah, H., & Kuo, D.-H. (2019). *Study On The Doping Effect Of Cu-Doped ZnO Thin Films Deposited By Co-Sputtering Technique*. Paper presented at the Journal of Physics: Conference Series.
- Saravanakkumar, D., Sivaranjani, S., Kaviyarasu, K., Ayeshamariam, A., Ravikumar, B., Pandiarajan, S., . . . Maaza, M. (2018). Synthesis and characterization of ZnO–CuO nanocomposites powder by modified perfume spray pyrolysis method and its antimicrobial investigation. *Journal of semiconductors*, 39(3), 033001.
- Sulhadi, S., Fatiatun, F., Marwoto, P., Sugianto, S., & Wibowo, E. (2015). Variasi Suhu Deposisi Pada Struktur, Sifat Optik Dan Listrik Film Tipis Seng Oksida Dengan Doping Galium (ZnO: Ga). *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 11(1), 93-99.