MASALIQ
Jurnal Pendidikan dan Sains

e-ISSN: 2808-8115
p-ISSN: 2809-1051

Terindeks: Sinta 5, Copernicus, Dimensions, Scilit, Lens, Crossref, Garuda, Google Scholar, Base, etc

https://doi.org/10.58578/masaliq.v5i2.4873

PENGARUH PENAMBAHAN DOPING CERIUM TERHADAP NILAI BANDGAP CUO DENGAN METODE SOL-GEL

The Influence of Cerium Doping on the Bandgap Value of CuO Using the Sol-Gel Method

Yumanda Dwiputri[1], Hary Sanjaya[2], Miftah Patriela[3]
Universitas Negeri Padang
yumandadwiputri0@gmail.com; hary.s@fmipa.unp.ac.id

Article Info:

Submitted:	Revised:	Accepted:	Published:
Jan 1, 2025	Jan 15, 2025	Jan 27, 2025	Feb 2, 2025

Abstract

Copper(II) oxide (CuO) has been recognized as a promising semiconductor material for various applications, such as photocatalysis, sensors, and renewable energy devices. However, its efficiency is often limited by a suboptimal bandgap value. This study aims to analyze the effect of cerium doping on the properties of CuO nanoparticles synthesized through the sol-gel process. The sol-gel method ensures a homogeneous doping distribution and produces nanoparticles with a stable structure. The bandgap energy of CuO nanoparticles was determined through characterization using UV-DRS. Cerium was introduced as a dopant in CuO at a concentration of 0.4 mmol, resulting in a bandgap value of 1.26 eV, whereas undoped CuO exhibited a bandgap of 1.35 eV. The analysis indicates that the Ce doping concentration significantly affects the bandgap of CuO nanoparticles, with a reduction observed at 0.4 mmol compared to undoped CuO. This decrease is attributed to symmetry disruption caused by doping, including oxygen vacancies, structural defects, and the presence of impurities that create additional energy levels within the bandgap.

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

Furthermore, uniform microstrain and a smaller particle size contribute to structural disturbances that also influence the bandgap.

Keywords: Doping; Sol-gel; CuO; Cerium; *Bandgap*.

Abstrak: Tembaga(II) oksida (CuO) telah dikenal sebagai material semikonduktor yang menjanjikan untuk berbagai aplikasi, seperti fotokatalisis, sensor, dan perangkat energi terbarukan. Namun, efisiensi material ini sering kali terbatas oleh nilai celah pita (*bandgap*) yang tidak optimal. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa pengaruh penambahan doping cerium terhadap sifat nanopartikel CuO yang disintesis mealui proses sol gel. Metode sol-gel memberikan distribusi doping yang homogen dan menghasilkan nanopartikel dengan struktur yang stabil. Penentuan nilai energi celah pita pada nanopartikel CuO dilakukan melalui karakterisasi menggunakan UV-DRS. Doping pada CuO ditambahkan dengan cerium pada konsentrasi 0,4 mmol diperoleh nilai *bandgap* yaitu pada CuO dengan penambahan cerium ialah 1,26 eV dan CuO tanpa doping cerium memiliki nilai *bandgap* 1,35 eV. Dari hasil analisa menunjukan konsentrasi doping Ce berpengaruh terhadap nilai *bandgap* nanopartikel CuO, dengan penurunan bandgap pada konsentrasi 0,4 mmol dibandingkan CuO tanpa doping. Penurunan ini disebabkan oleh gangguan simetri akibat doping, seperti kekosongan oksigen, cacat struktur, dan keberadaan zat pengotor yang menciptakan tingkat energi tambahan dalam celah pita material dan regangan mikro yang seragam serta ukuran partikel yang lebih kecil menyebabkan gangguan struktural yang turut mempengaruhi *bandgap*.

Kata Kunci: Doping; Sol-gel; CuO; Cerium; *Bandgap*

PENDAHULUAN

Tembaga (II) Oksida (CuO) merupakan semikonduktor tipe-p dengan *bandgap* sebesar 1,2 eV, yang memberikan konduktivitas listrik yang baik dan stabilitas kimia yang tinggi. Keunggulan CuO meliputi aktivitas fotokatalitik yang tinggi, non-toksik, melimpah di alam, serta kemampuannya untuk memanfaatkan spektrum cahaya yang lebih luas (G. preet Singh et al., 2024). CuO dipilih dalam berbagai aplikasi seperti sel surya, superkonduktor dan fotokatalisis (Chopade et al., 2024).

Oksida logam dapat diproduksi menggunakan berbagai teknik, seperti paduan mekanis, kopresipitasi, pengendapan uap kimia, sol-gel, iradiasi gelombang mikro, dan impregnasi basah (Schiopu et al., 2024). Pada penelitian ini digunakan metode sol-gel. Dengan menggunakan teknik sol-gel, monomer diubah menjadi larutan koloid (sol), yang berfungsi sebagai blok bangunan untuk jaringan terintegrasi (gel) yang terbuat dari polimer jaringan atau partikel diskrit (Ansari et al., 2018). Metode sol-gel memiliki kelebihan, yaitu homogenitas produknya baik, mudah dalam mengontrol komposisi, menggunakan temperatur yang relatif rendah, area pelapisan luas, Peralatan dengan harga terjangkau dengan

kualitas optik yang baik (Ilican et al., 2008), sederhana, membutuhkan sedikit bahan dan energi (Saini et al., 2007).

Berdasarkan penelitian (Jońca et al., 2017) menunjukkan bahwa CuO yang disintesis memiliki nilai celah pita (*bandgap)* sebesar 1,2 eV. Menurut penelitian yang dilakukan (Sivayogam et al., 2022) mensintesis CuO yang dicampur dengan Cd dengan hasil penelitian memiliki celah pita 3,85 menjadi 3,80eV. Penurunan ini biasanya menunjukkan bahwa bahan menjadi lebih konduktif atau memiliki respons optik yang lebih baik karena menunjukkan bahwa elektron bergerak dari pita valensi ke pita konduksi dengan lebih mudah. Efisiensi proses fotolitik secara signifikan dipengaruhi oleh nilai celah pita. Energi yang dibutuhkan untuk memindahkan elektron dari pita valensi ke pita konduksi berkurang dengan penurunan nilai celah pita (Arandani, 2020). Mensintesis CuO doping Ce dapat menurunkan celah pita 1,39 menjadi 1,28eV (S. J. Singh & Chinnamuthu, 2021).

Berdasarkan uraian diatas,penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh doping cerium (Ce) terhadap nilai *bandgap* nanopartikel CuO yang diperoleh melalui metode sol-gel. Setelah proses sintesis, nanopartikel CuO yang telah didoping dengan Ce akan dikarakterisasi menggunakan UV-DRS (*Ultraviolet-Diffuse Reflectance Spectroscopy*) untuk menentukan nilai *bandgap*.

METODE

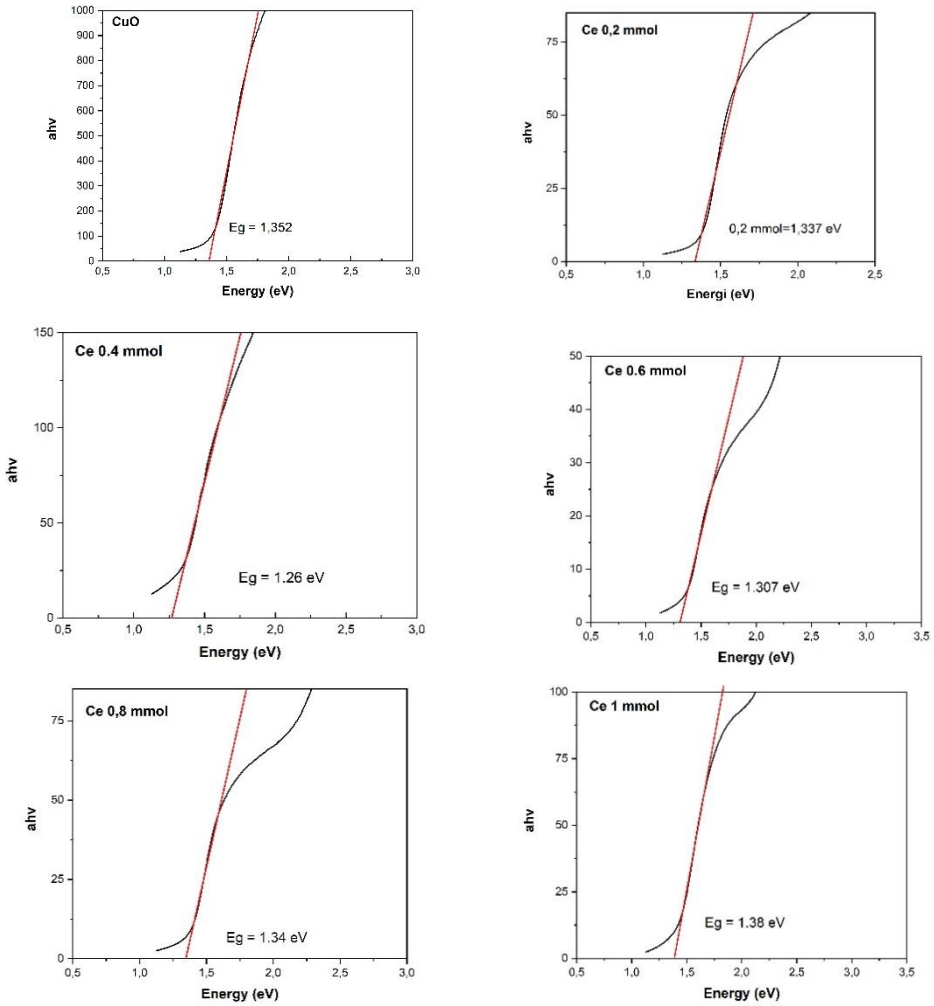
Penelitian ini dilakukan pada bulan Oktober 2024 sampai November 2024 di Laboratorium Penelitian Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang. $CuCl_2.H_2O$ dengan konsentrasi 1 mmol dan $Ce(NO_3)_3{\cdot}6H_2O$ dengan konsentrasi 0,2 mmol, 0,4 mmol, 0,6 mmol, 0,8 mmol 1 mmol dilarutkan dalam 50 mL metanol p.a., kemudian larutan tersebut ditutup dengan plastik wrap dan dihomogenkan menggunakan *magnetic stirrer* selama 1 jam 40 menit. Proses selanjutnya adalah sonikasi larutan selama 30 menit dengan daya 45 W hingga larutan homogen, setelah itu larutan didiamkan selama 1 x 24 jam untuk menstabilkan sol. Sampel kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 110°C selama sekitar 1 jam. Gel yang terbentuk dikalsinasi dalam furnace pada suhu 400°C selama sekitar 3 jam untuk menghasilkan CuO-Ce. Setelah didinginkan, sampel disimpan dalam desikator dan digerus menggunakan lumpang dan alu untuk mempersiapkan sampel untuk dikarakterisasi menggunakan UV-DRS (Ningsih et al., 2021).

HASIL

Spektrofotometer UV-DRS (UV-*Diffuse Reflectance*) digunakan untuk menganalisis besar nilai bandgap yang dihasilkan dari proses sintesis nanopartikel CuO. Nilai *bandgap* nanopartikel CuO-Ce dihitung dengan menggunakan persamaan Kubelka-munk (Syafrian et al., 2024). Penentuan energi celah pita dari semikonduktor SnO2 yang telah disintesis menggunakan Spektrofotometer UV-Diffuse Reflactane (UV-DRS). Energi celah pita diperoleh dengan mengubah besaran % R kedalam faktor Kubelka-Munk (F(R)). Metode Kubelka-Munk dapat digunakan untuk mencari energi celah pita dimana:

$$Eg = \frac{hc}{\lambda}$$

Berikut adalah hasil grafik CuO dari dan CuO dengan doping Cerium pengolahan data menggunakan software OriginPro dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1 Grafik *bandgap* nanopartikel CuO doping Ce dikarakterisasi menggunakan UV-DRS

Grafik-grafik dalam gambar diatas menunjukkan kurva serapan UV-Vis DRS yang digunakan untuk menentukan energi bandgap (Eg) dari nanopartikel CuO yang didoping dengan Cerium (Ce) dalam berbagai konsentrasi. Grafik pertama menunjukkan CuO tanpa doping Ce dengan nilai bandgap sebesar 1,35 eV, yang menjadi acuan awal sebelum penambahan Ce. Setelah doping Ce, nilai bandgap mengalami perubahan. Pada konsentrasi 0,2 mmol Ce, bandgap sedikit menurun menjadi 1,33 eV, kemudian mengalami penurunan signifikan pada 0,4 mmol Ce dengan nilai 1,26 eV. Selanjutnya, pada 0,6 mmol Ce, bandgap kembali naik menjadi 1,307 eV, diikuti oleh peningkatan lebih lanjut pada 0,8 mmol Ce menjadi 1,34 eV. Pada doping 1 mmol Ce, bandgap mencapai nilai tertinggi sebesar 1,38 eV.

Table 1. Energi *bandgap* Terhadap Pengaruh Konsentrasi doping Cerium

Konsentrasi doping Ce	**Nilai Bandgap (Eg)**
CuO Tanpa Ce	1,35 eV
0,2 mmol Ce	1,33 eV
0,4 mmol Ce	1,26 eV
0,6 mmol Ce	1,30 eV
0,8 mmol Ce	1,34 eV
1 mmol Ce	1,38 eV

Pada tabel diatas diperoleh hasil *bandgap* pengaruh dari variasi konsentrasi doping Ce pada nanopartikel CuO. Dari hasil yang telah di uji, nilai bandgap nanopartikel CuO doping Ce mengalami penurunan pada konsentrasi 0,2 mmol-0,8 mmmol, dibandingkan dengan CuO tanpa Ceriuam. Hal ini menunjukkan bahwa dengan penambahan doping cerium dapat mengecilkan nilai *bandga*p CuO (S. J. Singh & Chinnamuthu, 2021).

PEMBAHASAN

Hasil *bandgap* yang disajikan dalam gambar 1 dan table 1 berupa grafik pada CuO tanpa doping diperoleh nilai *bandgap* 1,35 eV. Pada variasi penambahan doping cerium 0,2 mmol diperoleh nilai *bandgap* 1,33 eV. Pada penambahan doping cerium 0,4 mmol diperoleh nilai *bandgap* 1,26 eV. Pada penambahan doping cerium 0,6 mmol diperoleh nilai *bandgap* 1,30 eV . Pada penambahan doping cerium 0,8 mmol diperoleh nilai *bandgap* 1,34 eV . Pada penambahan doping cerium 1 mmol diperoleh nilai *bandgap* 1,38 eV. Hasil analisa ini

menunjukkan pengaruh variasi konsentrasi doping Ce terhadap sintesis nanopartikel CuO. Nilai *bandgap* nanopartikel CuO mengalami penurunan pada konsentrasi 0,4 mmol dengan nialia *bandgap* 1,26 eV, dibandingkan dengan CuO tanpa doping Ce yang memiliki nilai *bandgap* sebesar 1,35 eV. Hal ini menunjukkan bahwa dengan penambahan doping Ce dapat mengecilkan nilai *bandgap* nanopartikel CuO. Penurunan nilai *bandgap* pada sampel CuO-Ce dibandingkan dengan sampel tanpa doping terjadi karena adanya gangguan simetri yang disebabkan oleh doping. Gangguan ini bisa terjadi akibat kekosongan oksigen, cacat pada struktur material, dan keberadaan zat pengotor. Faktor ini menyebabkan munculnya tingkat energi tambahan di dalam celah pita material, sehingga nilai *bandgap* menjadi lebih kecil (Quirino et al., 2023).

Nilai *bandgap* yang semakin meningkat pada penambahan konsentrasi doping cerium 0,6 mmol- 1 mmol disebabkan oleh regangan mikro yang seragam akibat relaksasi permukaan butir dan ikatan tak jenuh di permukaan nanopartikel dapat mempengaruhi tingkat energi material, yang pada akhirnya mempengaruhi nilai *bandgap*-nya. Ukuran partikel yang lebih kecil meningkatkan jumlah atom di permukaan dan antarmuka, yang menyebabkan regangan dan gangguan struktural. Sehingga mempengaruhi nilai *bandgap* (Deotale & Nandedkar, 2016).

Menurut Ningsih, dkk, nilai *bandgap* yang mengalami penurunan dikarenakan adanya interaksi yang terjadi antara pita electron dengan delokalisasi elektron pada ion transisi yang menyebabkan terbentuknya susbstitusi ion logam (Ningsih et al., 2021). Penurunan nilai *bandgap* menyebabkan jarak antara pita valensi dan pita konduksi menjadi lebih kecil, sehingga elektron dapat tereksitasi dengan lebih cepat. Akibatnya, energi foton yang dibutuhkan untuk mentransisikan elektron dari pita valensi ke pita konduksi menjadi lebih rendah (Anjelina et al., 2024).

KESIMPULAN

Konsentrasi doping Ce berpengaruh terhadap nilai *bandgap* nanopartikel CuO, dengan penurunan bandgap pada konsentrasi 0,4 mmol dibandingkan CuO tanpa doping. Penurunan ini disebabkan oleh gangguan simetri akibat doping, seperti kekosongan oksigen, cacat struktur, dan keberadaan zat pengotor yang menciptakan tingkat energi tambahan dalam celah pita material. Selain itu, regangan mikro yang seragam serta ukuran partikel yang lebih kecil menyebabkan gangguan struktural yang turut mempengaruhi *bandgap*. Interaksi

antara pita elektron dan delokalisasi elektron pada ion transisi juga berperan dalam penurunan *bandgap*, sehingga jarak antara pita valensi dan pita konduksi menyempit, memungkinkan elektron tereksitasi lebih cepat dengan energi foton yang lebih.

DAFTAR PUSTAKA

Anjelina, V., Sanjaya, H., & Budiman, S. (2024). *Pengaruh Penambahan Monoethanolamine (MEA) Sebagai Aditif Dalam Sintesis dan Karakterisasi Lapisan Tipis Tembaga (II) Oksida (CuO)*. http://files/331/996.+Viony+Anjelina+9233-9238.pdf

Ansari, F., Sobhani, A., & Salavati-Niasari, M. (2018). Simple sol-gel synthesis and characterization of new CoTiO3/CoFe2O4 nanocomposite by using liquid glucose, maltose and starch as fuel, capping and reducing agents. *Journal of Colloid and Interface Science*, *514*, 723–732. https://doi.org/10.1016/j.jcis.2017.12.083

Arandani, C. (2020). *TUGAS AKHIR - TF 181801 PENGARUH DOPING Zn PADA CuO SEBAGAI FOTOKATODA DYE-SENSITIZED SOLAR CELL (DSSC) TIPE P PENGARUH DOPING Zn PADA CuO SEBAGAI FOTOKATODA DYE-SENSITIZED SOLAR CELL (DSSC) TIPE P.*

Chopade, A. S., Kolhe, N. D., Walekar, L. S., Kadam, A. N., Patil, V. A., Al-Enizi, A. M., Tamboli, M. S., Mhamane, D. S., & Mali, M. G. (2024). Chemical bath assisted construction of CuO/BiVO4 p-n heterojunction photocatalyst for visible light driven rapid removal of MB and Cr(VI). *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, *700*, 134665. https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2024.134665

Dan, G. A. P., Listrik, K., & Tipis, L. (2024). *M a s l i q*. *4*, 508–515.

Deotale, A. J., & Nandedkar, R. V. (2016). Correlation between Particle Size, Strain and Band Gap of Iron Oxide Nanoparticles. *Materials Today: Proceedings*, *3*(6), 2069–2076. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2016.04.110

Ilican, S., Caglar, Y., Caglar, M., & Yakuphanoglu, F. (2008). Structural, optical and electrical properties of F-doped ZnO nanorod semiconductor thin films deposited by sol–gel process. *Applied Surface Science*, *255*(5), 2353–2359. https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2008.07.111

Jońca, J., Ryzhikov, A., Palussière, S., Esvan, J., Fajerwerg, K., Menini, P., Kahn, M. L., & Fau, P. (2017). Organometallic Synthesis of CuO Nanoparticles: Application in Low-Temperature CO Detection. *ChemPhysChem*, *18*(19), 2658–2665. https://doi.org/10.1002/cphc.201700693

Kasuma Warda Ningsih, S., Kalmar Nizar, U., Bahrizal, B., Nasra, E., & Fatimah Mutiara R, S. (2021). Sintesis Mg2+ doped ZnO dengan penambahan albumen ayam ras menggunakan gabungan metode sol-gel dan sonokimia. *Jurnal Riset Kimia*, *12*(1), 27–35. https://doi.org/10.25077/jrk.v12i1.374

Quirino, M. R., Lucena, G. L., de Araújo, R. J. C., da Silva, A. R., de Melo, A. M., dos Santos, I. M. G., & Gama, L. (2023). CuO and Ce-doped CuO Prepared by Microwave Hidrotermal Method in Photodegradation of Remazol Golden Yellow Dye. *Materials Research*, *26*, 1–7. https://doi.org/10.1590/1980-5373-MR-2022-0300

Saini, K. K., Sharma, S. D., Chanderkant, Kar, M., Singh, D., & Sharma, C. P. (2007).

Structural and optical properties of TiO2 thin films derived by sol–gel dip coating process. *Journal of Non-Crystalline Solids*, *353*(24–25), 2469–2473. https://doi.org/10.1016/j.jnoncrysol.2006.12.017

Schiopu, A.-G., Iordache, D. M., Oproescu, M., Cursaru, L. M., & Ioţa, A.-M. (2024). Tailoring the Synthesis Method of Metal Oxide Nanoparticles for Desired Properties. *Crystals*, *14*(10), 899. https://doi.org/10.3390/cryst14100899

Singh, G. preet, Singh, J., Chandel, K., Arora, S., Singh, S., Singh, D., Batoo, K. M., Ijaz, M. F., Shirsath, S. E., Kaur, J., Singh, R. C., & Singh, K. J. (2024). Synthesis and characterization of pristine CuO and Mg/CuO nanostructures for their anti-breast cancer and photocatalytic degradation applications: Experimental and DFT investigations. *Materials Today Communications*, *40*, 109398. https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2024.109398

Singh, S. J., & Chinnamuthu, P. (2021). Highly efficient natural-sunlight-driven photodegradation of organic dyes with combustion derived Ce-doped CuO nanoparticles. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, *625*(May), 126864. https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2021.126864

Sivayogam, D., Kartharinal Punithavathi, I., Jayakumar, S. J., & Mahendran, N. (2022). Structural, optical and electrical properties of Cd doped CuO nanoparticles obtained by simple sol gel method. *Materials Today: Proceedings*, *49*, 2752–2757. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.09.291