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.v5i4.6634

PENGARUH KONSENTRASI DOPING *TiO_2* DAN VOLUME *DIETHANOLAMINE* (DEA) TERHADAP NILAI *BANDGAP CuO* DENGAN METODE *SOL-GEL*

Effect of TiO_2 Doping Concentration and Diethanolamine (DEA) Volume on the Bandgap Value of CuO Using the Sol-Gel Method

Sakina Cahaya Fatma[1], Hary Sanjaya[2], Miftah Patriela[3]
Universitas Negeri Padang
sakinacahaya01@gmail.com; hary.s@fmipa.unp.ac.id

Article Info:

Submitted:	Revised:	Accepted:	Published:
May 24, 2025	Jun 22, 2025	Jul 4, 2025	Jul 9, 2025

Abstract

Copper(II) oxide (CuO) is a promising semiconductor material for various applications such as photocatalysis, sensing, and renewable energy devices. However, its performance is often limited by a suboptimal bandgap value for efficient energy conversion. This study aims to evaluate the effects of titanium doping concentration and the addition volume of diethanolamine (DEA) on the optical properties of CuO synthesized via the sol-gel method. The sol-gel technique was chosen for its ability to produce uniform doping distribution and stable nanoparticle structures. Bandgap characterization was conducted using UV-DRS spectroscopy. The results show that the bandgap of pure CuO, initially measured at 1.36 eV, was reduced to 1.28 eV through titanium doping at an optimal concentration of 0.3 mmol. The further addition of DEA at an optimal volume of 1 mL lowered the bandgap to 1.22 eV. This reduction indicates that titanium doping and DEA addition significantly influence the optical properties of CuO. These effects are likely due to structural irregularities such as oxygen vacancies, crystal defects, and impurities, which contribute to modifications

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

in the material's electronic structure. Additionally, the uniform distribution of microstrain and smaller particle size further contribute to structural alterations and bandgap tuning.

Keywords: CuO; Titanium Doping; Diethanolamine; Sol-Gel Method; Bandgap Value

Abstrak: Semikonduktor tembaga(II) oksida (*CuO*) merupakan material yang menjanjikan untuk berbagai aplikasi seperti fotokatalis, sensor, dan perangkat energi terbarukan. Namun, performa *CuO* seringkali terbatas akibat nilai celah pita (*bandgap*) yang kurang ideal untuk efisiensi konversi energi. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh konsentrasi doping titanium dan volume penambahan *Diethanolamine* (DEA) terhadap karakteristik optik *CuO* yang disintesis menggunakan metode *sol-gel*. Metode *sol-gel* dipilih karena kemampuannya menghasilkan distribusi doping yang merata serta struktur nanopartikel yang stabil. Karakterisasi nilai *bandgap* dilakukan dengan menggunakan spektroskopi UV-DRS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai *bandgap* CuO murni sebesar 1,36 eV dapat diturunkan menjadi 1,28 eV melalui doping titanium pada konsentrasi optimum 0,3 mmol. Penambahan zat aditif DEA dalam volume optimum 1 mL lebih lanjut menurunkan nilai *bandgap* hingga 1,22 eV. Penurunan ini menunjukkan bahwa doping titanium dan penambahan DEA berpengaruh signifikan terhadap sifat optik *CuO*. Efek tersebut kemungkinan disebabkan oleh ketidakteraturan struktur seperti kekurangan oksigen, cacat kristal, dan keberadaan pengotor, yang turut memodifikasi struktur elektronik material. Selain itu, distribusi regangan mikro yang merata dan ukuran partikel yang lebih kecil juga berkontribusi terhadap perubahan struktur dan penyesuaian nilai *bandgap*.

Kata Kunci: CuO; Doping Titanium; *Diethanolamine*; Metode *Sol-Gel*; Nilai *Bandgap*

PENDAHULUAN

Tembaga (II) Oksida (CuO) merupakan senyawa logam transisi berupa oksida dengan karakteristik semikonduktor tipe-p pada struktur kristal monoklinik yang mempunyai *bandgap* 1,2 eV (Sundari *et al*., 2018). Keunggulan CuO memiliki aktivitas fotokatalitik dan stabilitas kimia yang tinggi, tidak toksik dan ketersediaan yang banyak di alam. Semikonduktor CuO ini dapat dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi seperti fotokatalis, sel surya, sensor gas (Ighalo *et al*., 2021).

Adapun metode untuk sintesis CuO yaitu hidrotermal (Sundari *et al*., 2018), *microwave* (Kubiak *et al*., 2020), presipitasi (Nahar *et al*., 2023) dan sol-gel (Reena *et al*., 2020). Metode sol-gel meruapakan salah satu teknik pembuatan material nanopartikel dengan melangsungkan tahapan fasa berupa sol dan gel. Teknik dengan metode ini dimulai dengan pembentukan senyawa utama prekursor sehingga terbentuk material senyawa anorganik

berupa oksida (Zainul, 2018). Beberapa kelebihan metode sol-gel antara lain sederhana, homogenitas produk yang sempurna sehingga sampel dapat lebih murni, kemudahan mengatur struktur, menggunakan suhu dan energi rendah, serta stabil terhadap cahaya (Eddy *et al*., 2016).

Berdasarkan penelitian Kubiak, dkk, 2020, hasil sintesis CuO menggunakan metode *microwave* didapatkan nilai *bandgap* sebesar 1,7 eV. Sedangkan dengan penambahan logam titanium sebagai dopan pada sintesis CuO menghasilkan nilai *bandgap* 2,8 eV dengan besaran nilai *bandgap* awal titanium 3,2 eV. Menurunnya nilai *bandgap* titanium yang diperoleh disebabkan karena adanya perubahan ukuran partikel yang semakin kecil, sehingga proses eksitasi akan lebih cepat yang ditandai dengan menurunnya nilai *bandgap* yang diperoleh (Kubiak *et al*., 2020).

Untuk memperoleh material yang optimal perlu dilakukan penambahan zat aditif sebagai pengaruh terhadap hasil sintesis. Zat aditif merupakan zat yang ditambahkan ke dalam suatu larutan untuk menghasilkan suatu material yang sangat homogen. Oleh karena itu, dalam sintesis ini diperlukan penambahan *Diethanolamine* (DEA) sebagai zat aditif yang bersifat penstabil, homogen, meningkatkan stabilitas termal, dan ketahanan terhadap oksidasi semikonduktor (Patriela et al., 2024). Selain itu penambahan zat aditif juga dapat mempengaruhi morfologi produk dengan luas permukaan menjadi lebih besar karena ukuran parikelnya yang semakin kecil (Ningsih *et al*., 2019).

Berdasarkan penjelasan di atas, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh doping titanium (Ti) terhadap nilai *bandgap* pada nanopartikel CuO yang dilakukan dengan metode sol-gel dan digunakan spektrometer UV-DRS (UV-*Diffuse Reflectance Spectroscopy*) sebagai penentuan besaran *bandgap*.

METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari 2025 hingga Februari 2025 di Laboratorium Penelitian Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang. Prekursor $CuCl_2.2H_2O$ dengan konsentrasi 1 mmol dan $TiCl_4.2H_2O$ dalam variasi konsentrasi 0 mmol, 0,25 mmol, 0,3 mmol, 0,5 mmol, dan 1 mmol ke dalam 50 mL methanol. Larutan tersebut kemudian ditutup dengan plastik *wrap* dan diaduk secara merata dengan *magnetic stirrer* selama 1 jam 40 menit. Proses selanjutnya adalah sonikasi selama 30 menit untuk mencapai homogenitas sempurna lalu larutan didiamkan

selama 24 jam agar sol stabil. Setelah itu pengeringan dilakukan menggunakan oven suhu 110ºC selama ±1 jam. Gel yang terbentuk kemudian diklasinasi dalam *furnace* dengan suhu 350ºC selama ±3 jam untuk membentuk CuO-Ti *powder*. Setelah di*furnace*, didinginkan dalam desikator lalu digerus menggunakan lumpang dan alu hingga halus agar dapat dikarakterisasi menggunakan spektroskopi UV-DRS. Nilai *bandgap* optimum CuO-Ti dilakukan sintesis kembali dengan konsentrasi optimum Ti dan dengan variasi volume zat aditif sebanyak 1 mL, 2 mL, dan 3 mL sebelum dilakukan penghomogenan larutan. (Ningsih *et al.*, 2020).

HASIL

Analisis menggunakan UV-DRS (UV-*Diffuse Reflectance Spectrophotometer*) digunakan untuk mengetahui nilai *bandgap* yang dihasilkan dari proses sintesis nanopartikel semikonduktor CuO-Ti (Utubira et al., 2010). Dalam penelitian ini, dilakukan pengukuran pada rentang panjang gelombang 185-1100 nm menggunakan instrumen UV-DRS. Proses sintesis nanopartikel CuO dilakukan variasi penambahan doping titanium guna memperoleh nilai *bandgap* yang paling optimal. Adapun variasi konsentrasi titanium (Ti) yang digunakan dalam penelitian ini meliputi 0 mmol, 0,25 mmol, 0,3 mmol, 0,5 mmol, dan 1 mmol. Perhitungan nilai *bandgap* dari nanopartikel CuO-Ti dilakukan menggunakan rumus Kubelka-Munk (Sanjaya *et al.*, 2018) dimana:

$$Eg = \frac{hc}{\lambda}$$ (Borhade et al., 2019)

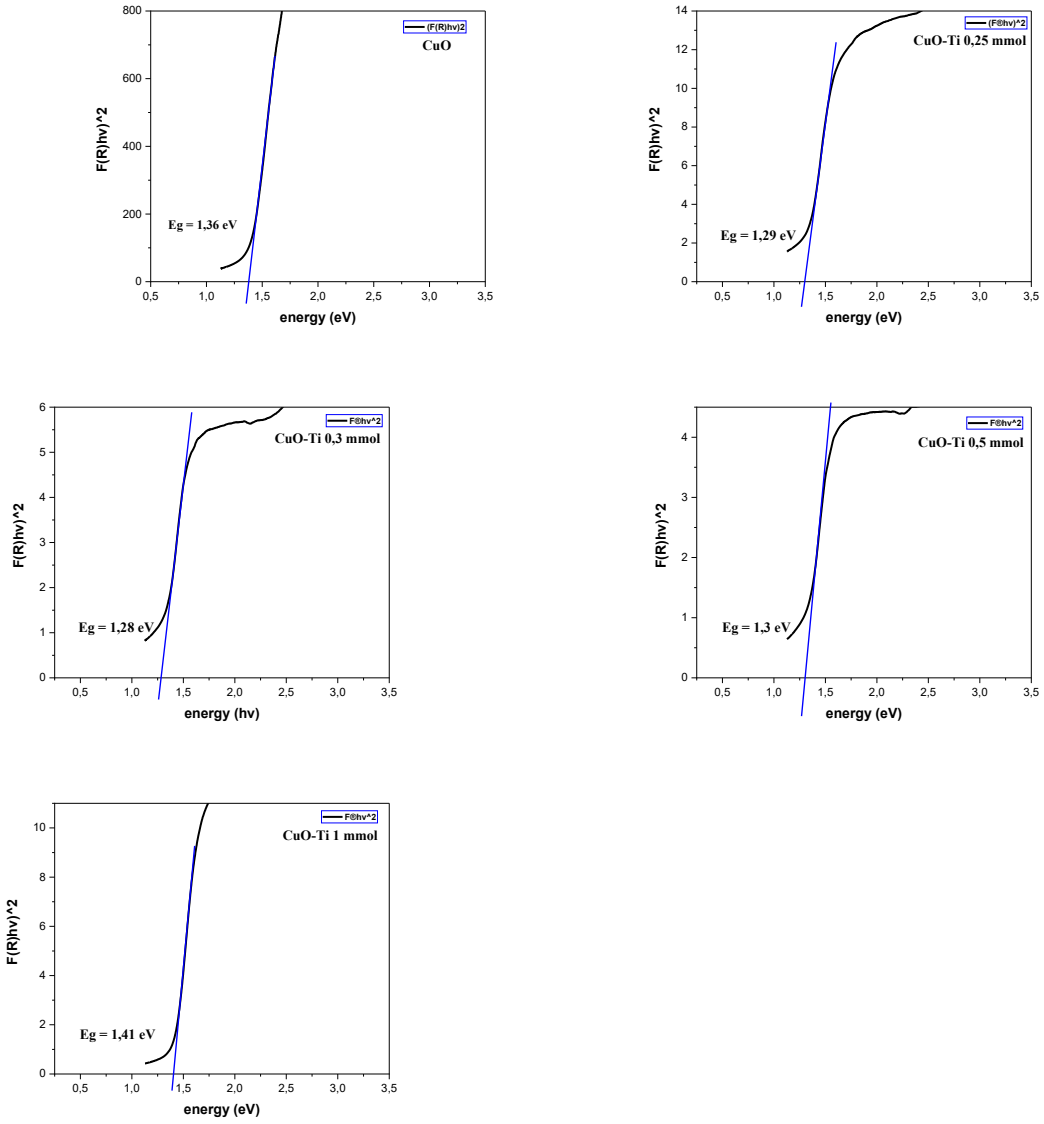
Berikut merupakan hasil pengukuran nilai *bandgap* pada sintesis nanopartikel dengan penambahan variasi konsentrasi doping titanium dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Energi *bandgap* terhadap variasi konsentrasi doping titanium

Konsentrasi doping	**Nilai *bandgap* (Eg)**
CuO tanpa Ti	1,36 eV
0,25 mmol	1,29 eV
0,3 mmol	1,28 eV
0,5 mmol	1,30 eV
1 mmol	1,41 eV

Tabel 1 memperlihatkan bahwa penambahan doping titanium pada nanopartikel CuO mengalami penurunan nilai *bandgap*, terutama pada konsentrasi 0,25 mmol hingga 0,5 mmol, jika dibandingkan dengan CuO murni tanpa titanium. Visualisasi data yang

menunjukkan perbandingan nilai *bandgap* antara CuO dan CuO yang ddoping titanium, hasil olahan dari perangkat lunak OriginPro, ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Grafik *bandgap* nanopartikel CuO dan CuO doping Ti

Grafik serapan UV-DRS yang ditampilkan pada gambar di atas digunakan untuk menghitung energi *bandgap* (Eg) dari nanopartikel CuO yang telah diberi doping titanium (Ti) dengan variasi konsentrasi. Grafik pertama merepresentasikan CuO tanpa doping yang memiliki nilai *bandgap* 1,36 eV. Setelah penambahan Ti, terjadi perubahan pada nilai *bandgap*. Penurunan nilai *bandgap* yang cukup signifikan terjadi pada konsentrasi 0,25 sampai 0,5 mmol yaitu pada 0,25 mmol sebesar 1,29 eV, 0,3 mmol sebesar 1,28 eV, dan 0,5 mmol sebesar 1,3

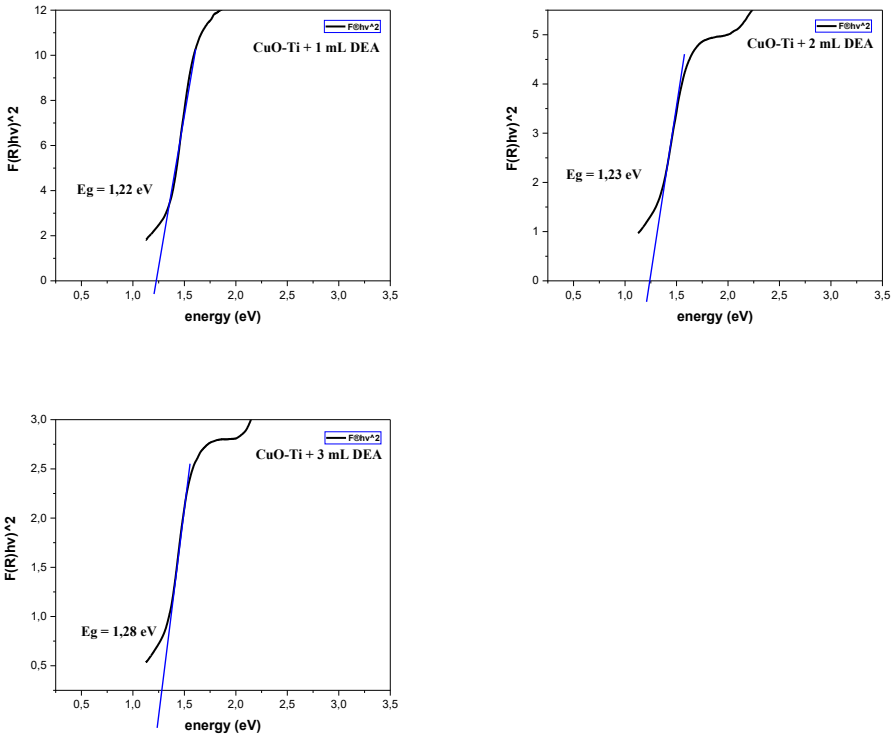
eV. Sedangkan pada konsentrasi Ti 1 mmol didapatkan nilai *bandgap* yang lebih besar yaitu 1,41 eV.

Pada penelitian ini selanjutnya dilakukan sintesis nanopartikel CuO-Ti optimum dengan menggunakan penambahan zat aditif *Diethanolamine* (DEA), dengan variasi volume 1 mL, 2 mL, dan 3 mL. Pengukuran menggunakan spektrofotometer UV-DRS dilakukan pada panjang gelombang 185-1100 nm. Berikut merupakan hasil pengukuran nilai *bandgap* pada sintesis nanopartikel CuO-Ti dengan penambahan variasi volume zat aditif DEA pada Tabel 2.

Tabel 2. Energi *bandgap* terhadap variasi volume zat aditif

Volume aditif DEA	**Nilai *bandgap* (Eg)**
1 mL	1,22 eV
2 mL	1,23 eV
3 mL	1,28 eV

Gambar 2 menyajikan grafik hasil analisis CuO dan CuO yang didoping titanium, yang telah diolah menggunakan perangkat lunak OriginPro.



Gambar 2. Grafik *bandgap* nanopartikel CuO doping Ti variasi volume DEA

Grafik pada gambar diatas menunjukkan serapan UV-DRS yang digunakan untuk menentukan energi *bandgap* (Eg) dari nanopartikel CuO yang didoping titanium (Ti) optimum dengan penambahan zat aditif *Diethanolamine* (DEA). Grafik pertama menunjukkan CuO-Ti dengan penambahan 1 mL DEA dengan nilai *bandgap* 1,22 eV. Pada CuO-Ti dengan penambahan 2 mL DEA dengan nilai *bandgap* 1,23 eV, dan CuO-Ti dengan penambahan 3 mL DEA dengan nilai *bandgap* 1,28 eV. Hasil ini menunjukkan dengan adanya penambahan zat aditif DEA dapat menurunkan *bandgap* pada nanopartikel CuO-Ti (Esmaeil et al., 2021).

PEMBAHASAN

Berdasarkan data pada Tabel 1 didapatkan nilai *bandgap* dari hasil sintesis nanopartikel CuO terhadap pengaruh penambahan konsentrasi doping Ti. Dapat terlihat bahwa nilai *bandgap* dari CuO murni tanpa doping yaitu 1,36 eV dan pada penambahan doping Ti dengan konsentrasi 0,3 mmol mengalami penurunan nilai *bandgap* yang lebih optimum yaitu 1,28 eV. Hasil yang didapatkan telah sesuai dengan hasil penelitian Ningsih, dkk, 2020, yang menyatakan bahwa energi *bandgap* dari hasil sintesis nanopartikel semikonduktor dengan logam akan mengalami penurunan atau nilainya akan lebih kecil dari nilai *bandgap* tanpa doping. Menurunnya nilai *bandgap* terjadi karena dekatnya jarak yang terbentuk pada pita konduksi dengan pita valensi, sehingga proses eksitasi elektron akan lebih cepat dengan membutuhkan energi foton yang lebih kecil (Ningsih *et al*., 2019).

Berdasarkan data pada Tabel 2 didapatkan hasil nilai *bandgap* terhadap penambahan variasi volume zat aditif DEA pada sintesis nanopartikel CuO-Ti diperoleh nilai optimum yaitu pada penambahan 1 mL DEA dengan nilai *bandgap* 1,22 eV. Hasil yang diperoleh dapat dilihat bahwa penambahan variasi volume zat aditif juga berpengaruh terhadap nilai *bandgap* nanopartikel, yaitu dapat menghasilkan nilai *bandgap* yang lebih kecil dibandingkan nilai tanpa zat aditif. Semakin banyak penambahan zat aditif maka nilai *bandgap* yang diperoleh akan semakin meningkat (Patel et al., 2021).

Hasil yang didapatkan telah sesuai dengan penelitian (Ningsih *et al*., 2019), yaitu meningkatnya nilai *bandgap* seiring dengan bertambahnya volume zat aditif. Menurunnya nilai *bandgap* pada sintesis nanopartikel CuO-Ti dengan zat aditif DEA dibandingkan tanpa zat aditif ini disebabkan karena terjadinya interaksi pada pita elektron yang mengalami delokalisasi elektron pada ion transisi atau keadaan dimana elektron dapat bergerak bebas

dan terjadinya substitusi ion logam. Sehingga zat aditif ini mampu membuat molekul menjadi lebih stabil dan proses eksitasi elektron antar pita lebih cepat (Ningsih *et al*., 2021)

KESIMPULAN

Variasi konsentrasi dopan titanium dalam sintesis CuO memperlihatkan bahwa peningkatan konsentrasi dopan cenderung menyebabkan kenaikan nilai *bandgap* nanomaterial CuO. Untuk CuO tanpa dopan, nilai *bandgap* yang diperoleh adalah 1,36 eV. Sementara itu, nilai *bandgap* terendah tercapai pada konsentrasi dopan Ti sebesar 0,3 mmol, yaitu 1,28 eV. Penurunan ini terjadi akibat adanya interaksi antara pita elektron dan delokalisasi elektron pada ion logam transisi, yang memicu terbentuknya substitusi ion logam. CuO-Ti optimum yang disintesis dengan penambahan *Diethanolamine* (DEA) diperoleh nilai *bandgap* optimum pada volume 1 mL DEA yaitu sebesar 1,22 eV, disebabkan karena zat aditif DEA dapat memperkecil ukuran partikel, sehingga proses eksitasi elektron lebih sempit.

DAFTAR PUSTAKA

Borhade, V., Tope, D. R., & Sangle, S. L. (2019). Synthesis, characterization and photocatalytic application of CuSnO 3 perovskite oxide. *Journal of Emerging Technologies and Innovative Research*, *6*(3), 382–386.

Eddy, D. R., Rostika, A., Janati, D., & Eddy, D. R. (2016). *SINTESIS SILIKA METODE SOL-GEL SEBAGAI Bahan dan Alat*. *17*(2), 82–89.

Esmaeil, E. R. T., Golshan, M., Salami-Kalajahi, M., & Roghani-Mamaqani, H. (2021). Synthesis of copper and copper oxide nanoparticles with different morphologies using aniline as reducing agent. *Solid State Communications*, *334–335*(May), 114364. https://doi.org/10.1016/j.ssc.2021.114364

Ighalo, J. O., Sagboye, P. A., Umenweke, G., Ajala, O. J., Omoarukhe, F. O., Adeyanju, C. A., Ogunniyi, S., & Adeniyi, A. G. (2021). Environmental Nanotechnology , Monitoring & Management CuO nanoparticles (CuO NPs) for water treatment : A review of recent advances. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, *15*(December 2020), 100443. https://doi.org/10.1016/j.enmm.2021.100443

Kubiak, A., Bielan, Z., Kubacka, M., Gabała, E., Zgoła-Grześkowiak, A., Janczarek, M., Zalas, M., Zielińska-Jurek, A., Siwińska-Ciesielczyk, K., & Jesionowski, T. (2020). Microwave-assisted synthesis of a TiO2-CuO heterojunction with enhanced photocatalytic activity against tetracycline. *Applied Surface Science*, *520*(January), 146344. https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2020.146344

Nahar, B., Chaity, S. B., Gafur, A., & Hossain, M. Z. (2023). *Synthesis of Spherical Copper Oxide Nanoparticles by Chemical Precipitation Method and Investigation of Their Photocatalytic and Antibacterial Activities*. *2023*.

Ningsih, S. K. W., Nasra, E., Yanna Rahayu Jurusan Kimia, D., Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, F., Negeri Padang Jl Hamka, U., & Tawar, A. (2020). Sintesis dan Karakterisasi Nanopartikel Co 2+ doped ZnO dengan Menggunakan Metode Sol-Gel. *Indonesian Journal of Chemical Science*, *9*(1), 2–8.

Ningsih, S. K. W., Nizar, U. K., Bahrizal, Nasra, E., & Suci, R. (2019). *Effect of egg white as additive for synthesis and characterization of Al doped ZNO nanoparticles by using sol-gel method Effect of egg white as additive for synthesis and characterization of Al doped ZNO nanoparticles by using sol- gel method*. *1185*, 012029. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1185/1/012029

Ningsih, S. K. W., Sanjaya, H., Bahrizal, Nasra, E., & Yurnas, S. (2021). *Synthesis of Cu 2 + Doped ZnO by the Combination of Sol-Gel-Sonochemical Methods with Duck Egg Albumen as Additive for Photocatalytic Degradation of Methyl Orange*. *21*(3), 564–574. https://doi.org/10.22146/ijc.57077

Patel, G. H., Chaki, S. H., Kannaujiya, R. M., Parekh, Z. R., Hirpara, A. B., Khimani, A. J., & Deshpande, M. P. (2021). Sol-gel synthesis and thermal characterization of SnO2 nanoparticles. *Physica B: Condensed Matter*, *613*(May 2020). https://doi.org/10.1016/j.physb.2021.412987

Patriela, M., Sanjaya, H., & Budiman, S. (2024). Pengaruh Penambahan Diethanolamine (DEA) Pada SnO 2 Dalam Degradasi Methyl Orange. *Gudang Jurnal Multidisiplin Ilmu*, *2*(2), 22–24. https://gudangjurnal.com/index.php/gjmi

Reena, R. S., Freeda, P. J., Deepapriya, S., Rodney, J. D., A, S. G. I., Aslinjensipriya, A., Chamundeshwari, M., Das, S. J., Reena, R. S., Freeda, P. J., Deepapriya, S., Rodney, J. D., Grace, S., Infantiya, A., Aslinjensipriya, A., Jose, M., & Das, S. J. (2020). *Synthesis of CuO nanoparticles : Structural and optical properties by sol-gel method Synthesis of CuO Nanoparticles : Structural and Optical Properties by Sol-Gel Method* . *070035*(June).

Sanjaya, H., Hardeli, & Syafitri, R. (2018). Degradasi Metil Violet Menggunakan Katalis ZnO-TiO2 secara Fotosonolisis. *EKSAKTA: Berkala Ilmiah Bidang MIPA*, *19*(1), 91–99. https://doi.org/10.24036/eksakta/vol19-iss1/131

Sundari, C. D. D., Rahayu, R. F., & Windayani, N. (2018). Sintesis dan Karakterisasi Nanostruktur Tembaga Oksida dengan Metode Hidrotermal. *Al-Kimiya*, *5*(1), 48–51. https://doi.org/10.15575/ak.v5i1.3725

Utubira, Y., Wijaya, K., Triyono, T., & Sugiharto, E. (2010). PREPARATION AND CHARACTERIZATION OF TiO_2-ZEOLITE AND ITS APPLICATION TO DEGRADE TEXTILLE WASTEWATER BY PHOTOCATALYTIC METHOD. *Indonesian Journal of Chemistry*, *6*(3), 231–237. https://doi.org/10.22146/ijc.21724

Zainul, R. (2018). Teknologi Material Maju : Prinsip Dasar Dan Aspek Rekayasa. *Universitas Negeri Padang*.