



## Sintesis Dan Penentuan Celah Pita ZnO/SiO<sub>2</sub> Dari Prekursor Zinc Nitrate Yang Dikalsinasi

Ilma Zelvina\*, Universitas Negeri Padang, Indonesia

Miftahul Khair, Universitas Negeri Padang, Indonesia

### ABSTRACT

*Synthesis of ZnO/SiO<sub>2</sub> by sonication dispersing method has been carried out with several variations. This study aimed to determine the bandgap value of ZnO/SiO<sub>2</sub> obtained by uv-drs. The characterization results by uv-drs showed that the minimum value of the zn/sio<sub>2</sub> band gap was 3.78 ev at 10% mass variation of zn(no<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.6h<sub>2</sub>o for every 5 g of silica in sonicated water for 15 minutes. Characterization was also carried out using to determine the functional groups present in the ZnO/SiO<sub>2</sub> catalyst.*

### ARTICLE HISTORY

Submitted 02/02/2023  
Revised 04/02/2023  
Accepted 04/05/2023

### KEYWORDS

Photocatalys; ZnO/SiO<sub>2</sub>; Sonication; Band Gap

### CORRESPONDENCE AUTHOR

✉ [ilmazelvina1705.com](mailto:ilmazelvina1705.com)

DOI: <https://doi.org/10.30743/cheds.v7i1.6597>

## 1. PENDAHULUAN

Perkembangan Industri tekstil pada saat sekarang ini semakin meningkat, dimana peningkatan tersebut didukung oleh kemajuan teknologi. Berkembangnya industri tekstil memberikan keuntungan antara lain berkurangnya angka pengangguran, meningkatnya penghasilan, dan hasil output dari industri itu sendiri. Industri tekstil telah menjadi industri penting di Indonesia dan telah terbukti menjadi nilai tambah perekonomian Indonesia (Maryadi, 2007).

Dengan berkembangnya industri tekstil di Indonesia, salah satu dampak negatifnya adalah industri tersebut menghasilkan limbah cair yang dapat mencemari lingkungan. Dengan sifat toksisitas yang tinggi dan sulit untuk diuraikan (non biodegradable), limbah tekstil ini menjadi masalah baru jika langsung dibuang ke lingkungan (Cristina P dkk., 2007). Limbah cair tersebut mengakibatkan masalah pencemaran air jika tidak diolah terlebih dahulu sebelum dibuang (Chandra dkk., 2012).

Pencemaran limbah zat warna dapat diatasi dengan beberapa metode, seperti metode klorinasi, biodegrasi, ozonisasi. Namun metode tersebut menggunakan biaya yang relatif tinggi. Metode yang murah dan mudah diterapkan di Indonesia salah satunya adalah fotodegradasi. Fotodegradasi zat warna adalah suatu proses penguraian senyawa dengan adanya bantuan foton. Fotodegradasi merupakan metoda yang banyak digunakan karena praktis dan ekonomis. Fotodegradasi didasarkan pada penggunaan fotokatalis berbahan semikonduktor.

Semikonduktor yang digunakan dalam penelitian ini adalah ZnO, karena memiliki energi celah pita (*band gap/EG*) sebesar 3,37 eV sehingga juga dapat digunakan sebagai fotokatalis. ZnO adalah semikonduktor anorganik non-toksik yang dapat memberikan mobilitas tinggi dan stabilitas termal yang baik. ZnO digunakan sebagai katalis karena memiliki sifat yang serbaguna, kemudahan pembuatannya, serta biayanya yang relatif terjangkau (Ris, 2014).

Fotokatalis ZnO bekerja berdasarkan gagasan bahwa ketika sinar foton menyinari seng oksida, maka akan memicu pembentukan radikal hidroksil yang dapat memecah kontaminan organik, logam berat, dan mikroorganisme. Efisiensi fotokatalis menurun saat kristal ZnO terbentuk. Hal ini dapat dihindari dengan menggunakan bahan semikonduktor aktif untuk mengurangi laju aglomerasi ZnO. Silika merupakan salah satu zat aktif yang dapat dimanfaatkan, karena silika dapat mencegah terjadinya aglomerasi partikel ZnO yang dapat menurunkan efektifitas fotokatalisisnya (Emilia, 2017).



Silika adalah padatan berpori dengan struktur berpori yang bergantung pada luas permukaan; semakin kecil ukuran pori silika, semakin tinggi luas permukaan. Silika memiliki sifat-sifat yang tidak dimiliki senyawa anorganik lainnya, seperti bersifat inert, memiliki sifat adsorpsi dan pertukaran ion yang baik, memiliki stabilitas mekanik dan termal yang tinggi, serta dapat digunakan untuk prakonsentrasi atau pemisahan analit dan mudah dimodifikasi dengan senyawa kimia tertentu untuk meningkatkan kinerja dan tidak mengubah struktur kristal induk partikel. (Hardyanti et al., 2017).

Sintesis ZnO/SiO<sub>2</sub> dilakukan dengan metode pendispersi sonikasi. Metode ini menggunakan gelombang ultrasonik dengan frekuensi tinggi (diatas 20 kHz) yang diradiasikan dalam larutan bertekanan tinggi. Metode ini memiliki kelebihan yaitu dapat memecah agregat kristal berukuran besar menjadi ukuran kecil berskala nano, tingkat keseragaman partikel yang dihasilkan tinggi, serta waktu sintesis yang singkat (Sa'bandi *dkk.*, 2021).

Berdasarkan uraian diatas, penelitian ini bertujuan untuk menentukan nilai celah pita dari katalis ZnO/SiO<sub>2</sub> yang disintesis menggunakan metode sonikasi.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah peralatan gelas kimia laboratorium, oven merk France Etuves Xu 225 , Ultrasonik (BK-1200), furnace (heaters from LAC Asia ltd brand Ht40), lampu UV 15 W (panjang gelombang 254 nm, frekuensi 50 Hz). Instrumen yang digunakan yaitu Spektrofotometer UV-Vis, dan UV-DRS. Bahan-bahan yang digunakan adalah Silika gel 60 G (merck), *Zinc Nitrat Hexahidrat* (Zn(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O) (Smart-Lab), aquades.

### 2.2 Prosedur Kerja

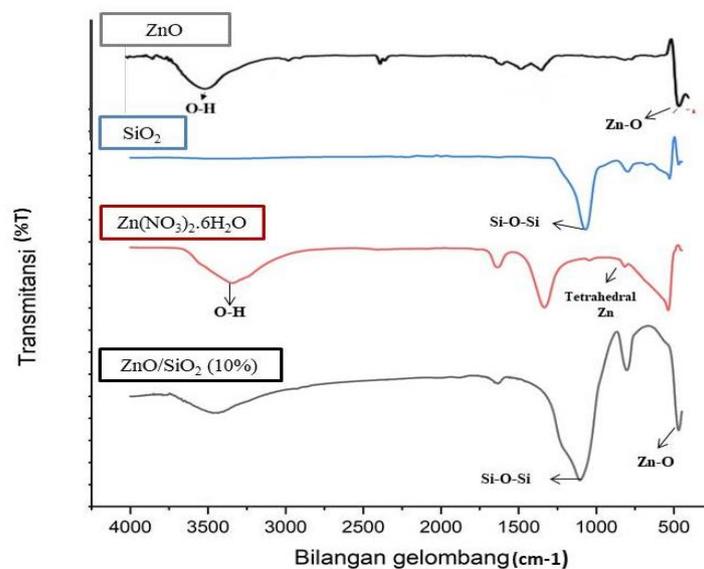
#### 2.2.1 Sintesis Fotokatalis ZnO/SiO<sub>2</sub>

Sebanyak 5%, 10%, 15%, 20% dan 25% massa Zn(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O untuk setiap 5 g silika dalam pelarut air. Campuran diaduk menggunakan *magnetic stirrer* selama 1 jam. Campuran disonikasi menggunakan *ultrasonic cleaning bath* dengan variasi waktu selama 15 menit. Setelah melalui proses aging, larutan disaring, dicuci dan dikeringkan. Kalsinasi dilakukan pada 400°C selama 2 jam. Hasil yang diperoleh diberi nama fotokatalis ZnO/SiO<sub>2</sub>.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Karakterisasi Fotokatalis ZnO/SiO<sub>2</sub> dengan FTIR

Pengujian FTIR dilakukan untuk melihat gugus-gugus yang terbentuk pada silika setelah sonikasi dengan Zn(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O yang dilakukan pada 400-4000 cm<sup>-1</sup>.



Gambar 1. Spektrum FTIR

Pada spektrum Zn(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O, diketahui bilangan gelombang sekitar 457 cm<sup>-1</sup> dan 545 cm<sup>-1</sup> menunjukkan puncak serapan daerah regangan Zn-O (Handore et al., 2014). Bilangan gelombang 819,76 cm<sup>-1</sup> menunjukkan terbentuknya koordinasi tetrahedral Zn (Javed et al., 2016).

Beberapa gugus fungsi ditemukan pada spektrum silika yang telah disonikasi selama 15 menit dengan pola 10%. Daerah regangan Zn-O dapat ditemukan pada bilangan gelombang 470,41 cm<sup>-1</sup>. Sesuai dengan penelitian (Sanjaya, 2017) yang menyatakan, daerah regangan Zn-O berada pada rentang 400-500 cm<sup>-1</sup>. Hal ini menunjukkan bahwa ZnO telah teradsorpsi pada pori-pori silika. Pada pola 10% terjadinya Si-O-Si pada bilangan gelombang 1106,63 cm<sup>-1</sup>

### 3.2 Karakterisasi ZnO/SiO<sub>2</sub> dengan UV-DRS

Penentuan nilai celah pita optik dilakukan menggunakan *Tauc's plot*. Metode ini membentuk grafik linier yang mewakili hubungan antara E (eV) pada sumbu-x dan (αhv)<sup>1/m</sup> pada sumbu-y dengan menggunakan persamaan berikut:

$$E = \frac{hv}{\lambda} \tag{1}$$

$$\alpha hv = (2,303 \times A \times hv)^n \tag{2}$$

Dimana:

v = Kecepatan Cahaya (3×10<sup>8</sup> ms)

h = Konstanta Planck (6,625×10<sup>-34</sup> J.s)

λ = Panjang Gelombang (nm)

α = absorption coefficient,

A = konstanta

E<sub>g</sub> = Energi Celah Pita (eV)

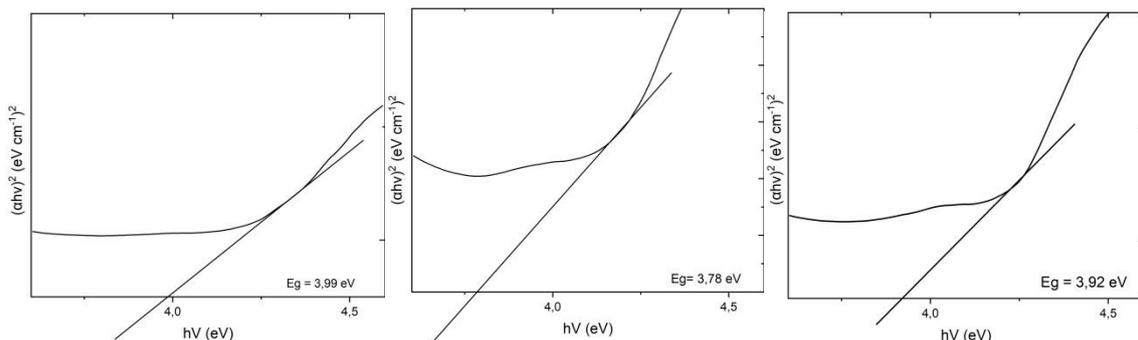
Silika memiliki luas permukaan yang besar dan kapasitas penyerapan yang kuat. Hal ini secara signifikan mempengaruhi sistem fotokatalis ZnO sebagai pendukung. Secara teoritis, suatu senyawa digolongkan senyawa konduktor apabila memiliki nilai celah pita dibawah 1 eV. Dengan kata lain, dapat dianggap bahwa pita konduksi dan pita valensi tumpang tindih. Sebuah konduktor memiliki struktur pita energi yang hanya diisi dengan elektron (Maier J dkk., 2017).

Jika nilai celah pita (E<sub>g</sub>) katalis berkisar antara 0 hingga 4 eV, maka katalis tersebut diklasifikasikan sebagai semikonduktor. Energi ini diperlukan untuk mengeksitasi elektron dari pita valensi ke pita konduksi (Aminullah dkk., 2019). Celah pita semikonduktor ZnO terukur sebesar 3,37 eV (Sari dkk., 2022). Kinerja katalis semikonduktor biasanya dipengaruhi oleh nilai celah pitanya. Proses fotokatalitik terjadi dengan induksi cahaya dari senyawa oksida katalis yang menghasilkan spesies pengoksidasi yang dapat menguraikan zat warna. Reaksi fotokatalitik diaktivasi oleh penyerapan foton dengan tingkat energi yang sama atau lebih tinggi dari celah pita pada katalis (Sugiyana & Notodarmojo, 2015).

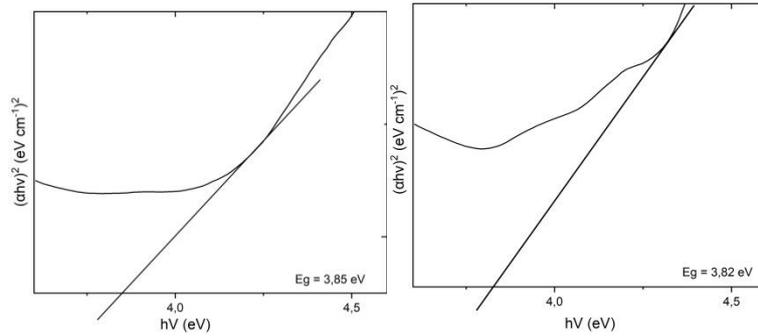
Salah satu upaya untuk meningkatkan kinerja fotokatalitik adalah melalui proses pendispersian ZnO pada pada material berpori seperti silika. Penambahan silika dan variasi ZnO menghasilkan fotokatalis dengan sisi aktif yang tinggi untuk menyerap limbah zat warna. ZnO dihasilkan dari kalsinasi Zn(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O sesuai persamaan :



Pengaruh penambahan jumlah ZnO pada nilai celah pita dapat ditunjukkan pada grafik dibawah ini



(a) Zn(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O@SiO<sub>2</sub> 5%    (b) Zn(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O@SiO<sub>2</sub> 10%    (c) Zn(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O@SiO<sub>2</sub> 15%

(d) Zn(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O@SiO<sub>2</sub> 20%(e) Zn(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.6H<sub>2</sub>O @SiO<sub>2</sub> 25%

Setiap varian menunjukkan celah pita 3,99 eV pada 5%, 3,78 eV pada 10%, 3,92 eV pada 15%, 3,85 eV pada 20%, dan 3,82 eV pada 25%. Pada pemakaian Zn-nitrat 10%, menghasilkan nilai celah pita paling minim sebesar 3,78 eV, dan setelah itu kembali meningkat. Ketika elektron ZnO berinteraksi pada silika, nilai celah pita berubah karena resonansi elektron. Sementara pada variasi 15% terjadi pelebaran dari 3,78 eV menjadi 3,92 eV ini disebabkan karena adanya peristiwa *blue shift* akibat pergeseran panjang gelombang yang pendek.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Energi Celah Pita

No.	Katalis	Celah Pita (eV)
1	Zn(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O@SiO <sub>2</sub> 5%	3,99
2	Zn(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O@SiO <sub>2</sub> 10%	3,78
3	Zn(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O@SiO <sub>2</sub> 15%	3,92
4	Zn(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O@SiO <sub>2</sub> 20%	3,85
5	Zn(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O@SiO <sub>2</sub> 25%	3,82

Nilai celah pita ini akan mempengaruhi kinerja fotokatalitik ZnO/SiO<sub>2</sub> terhadap zat organik nantinya, misalnya dalam mendegradasi zat warna. Eksitasi elektron dari pita valensi ke pita konduksi membentuk hole akan lebih cepat terjadi pada katalis dengan nilai celah pita yang lebih kecil. Untuk mengubah energi radiasi menjadi energi kimia dan mempercepat reaksi fotoredoks, elektron dan hole yang tereksitasi kemudian akan merespon dengan melepaskan energi panas atau melepaskan energi yang telah ditahan pada akseptor dan donor elektron (reduktor dan oksidator) (Yuni Dhamayanti, 2005). Nilai celah pita minimum tercapai pada komposisi 10% dari pada kombinasi Zn-nitrat dan silika.

#### 4. SIMPULAN DAN SARAN

##### 4.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan celah pita optimum pada variasi Zn-nitrat 10% dari massa silika adalah 3,78 eV dengan waktu sonikasi 15 menit.

##### 4.2 Saran

Melakukan uji karakterisasi menggunakan instrumen lainnya untuk mendapatkan informasi lengkap dari hasil fotokatalis ZnO/SiO<sub>2</sub> dan menentukan kemampuan fotodegradasi dari fotokatalis ini terhadap zat warna.

#### 5. 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*. 13(2), 65–70.

Chandra, D. A. P., Syah, Y., & Widati, A. A. (2012). Degradasi Fotokatalitik Zat Warna Tekstil Rhodamin B Menggunakan Zeolit Terimpregnasi TiO<sub>2</sub>. *ADLN Perpustakaan Universitas Airlangga*, 207.

- Cristina P, M., S. M. nisatun, & Saptaaji, R. (2007). Studi Pendahuluan Mengenai Degradasi Zat Warna Azo (Metil Orange) Dalam Pelarut Air Menggunakan Mesin Berkas Elektron 350 keV/10 mA. *Jurnal Forum Nuklir*, 1(1), 31. <https://doi.org/10.17146/jfn.2007.1.1.3271>
- Emilia, A. R. (2017). *Aktivitas Fotokatalitik Zno-Sio2 Yang Spray Disintesa Dengan Metode Pyrolysis*.
- Handore, K., Bhavsar, S., Horne, A., Chhattise, P., Mohite, K., Ambekar, J., Pande, N., & Chabukswar, V. (2014). Novel green route of synthesis of ZnO nanoparticles by using natural biodegradable polymer and its application as a catalyst for oxidation of aldehydes. *Journal of Macromolecular Science, Part A: Pure and Applied Chemistry*, 51(12), 941–947. <https://doi.org/10.1080/10601325.2014.967078>
- Hardyanti, I. S., Nurani, I., Hardjono HP, D. S., Apriliani, E., & Wibowo, E. A. P. (2017). Utilization of Silica (SiO<sub>2</sub>) and Bentonite as Adsorbent for Heavy Metal Fe in Batik Waste. *JST (Jurnal Sains Terapan)*, 3(2).
- Javed, R., Usman, M., Tabassum, S., & Zia, M. (2016). Effect of capping agents: Structural, optical and biological properties of ZnO nanoparticles. *Applied Surface Science*, 386, 319–326. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2016.06.042>
- Maier J, Kandelbauer A, Erlacher A, Cavaco-Paulo A, G. G. (2017). *A New Alkali-Thermostable Azoreductase from Bacillus sp. Strain SF*. 4(1), 724–732.
- Maryadi, M. (2007). Analisis Pertumbuhan Investasi Sektor Industri Tekstil Dan Produk Tekstil (TPT) Terhadap Perekonomian Indonesia : Analisis Input-Output. *Skripsi, Jurusan Ilmu Ekonomi, IPB, Bogor*.
- Ris, J. (2014). *Vol. 7, No. 2, Maret 2014 J. Ris. Kim.* 7(2).
- Sa'bandi, F., Aini, S., Nizar, U. K., & Khair, M. (2021). Preparasi Karbon Aktif dari Limbah Pelepah Kelapa Sawit dengan Aktivasi Ultrasonik sebagai Adsorben Rhodamin B. *Chemistry Journal of Universitas Negeri Padang*, 10(2), 59–63.
- Sanjaya, H. (2017). Degradasi Methylene Blue Menggunakan Katalis Zno-Peg Dengan Metode Fotosonolisis. *EKSAKTA: Berkala Ilmiah Bidang MIPA*, 18(02), 21–29. <https://doi.org/10.24036/eksakta/vol18-iss02/45>
- Sari, R., Sanjaya, H., Amran, A., & Putra, A. (2022). Degradasi Zat Warna Methyl Violet dengan Katalis ZnO / Ag Menggunakan Metode Fotosonolisis. *Periodic*, 11(1), 24–28.
- Sugiyana, D., & Notodarmojo, S. (2015). Studi Mekanisme Degradasi Fotokatalitik Zat Warna Azo Acid Red 4 Menggunakan Katalis Mikropartikel TiO<sub>2</sub>. *Arena Tekstil*, 30(2), 83–94. <https://doi.org/10.31266/at.v30i2.1956>
- Yuni Dhamayanti, K. W. dan I. T. (2005). *Fotodegradasi Zat Warna Methyl Orange Menggunakan Fe 2 O 3 - Montmorillonit Dan Sinar Ultraviolet Proseding Seminar Nasional DIES ke 50 FMIPA UGM , 17 September 2005. September*, 22–29.