MASALIQ
Jurnal Pendidikan dan Sains

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

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

https://doi.org/10.58578/masaliq.v4i1.2631

PENGGUNAAN KATALIS SIO2/ZNO UNTUK MENGHILANGKAN PEWARNA RHODAMIN B SECARA EFISIEN MELALUI IMPREGNASI BASAH

Utilization of SiO2/ZnO Catalyst for Efficient Removal of Rhodamine B Dye through Wet Impregnation

Muhamad Luthfi & Imam Wahyudi Afrizon
Universitas Negeri Padang
Luthfi14luthfi@gmail.com; miftah@fmipa.unp.ac.id

Article Info:

Submitted:	Revised:	Accepted:	Published:
Jan 10, 2024	Jan 15, 2024	Jan 19, 2024	Jan 22, 2024

Abstract

This study explores the removal of Rhodamine B dye from wastewater using SiO2/ZnO catalysts synthesized by wet impregnation with varying zinc nitrate loadings (0.25–1.25 g). The catalyst prepared with 1 g of $Zn(NO_3)_2$ exhibited the highest activity, achieving a remarkable 95% degradation of Rhodamine B under UV irradiation. This enhanced performance is attributed to optimized active site availability on the catalyst surface. FTIR characterization confirmed the presence of both $SiO_2$and ZnO, with characteristic vibrational modes observed at 1067.44 cm^{-1} and 428.72 cm^{-1}, respectively. These findings highlight the promising potential of tailored SiO_2/ZnO catalysts for efficient and environmentally friendly treatment of dye-contaminated wastewater.

Keywords *: SiO2/ZnO catalysts, Rhodamine B, Photocatalytist*

Abstrak: Penelitian ini mengeksplorasi penghilangan pewarna Rhodamin B dari air limbah menggunakan katalis SiO2/ZnO yang disintesis melalui impregnasi basah dengan muatan seng nitrat yang bervariasi (0,25–1,25 g). Katalis yang dibuat dengan 1 g $Zn(NO_3)_2$ menunjukkan aktivitas tertinggi, mencapai 95% degradasi Rhodamin B yang luar biasa di bawah penyinaran UV. Peningkatan kinerja ini disebabkan oleh optimalisasi ketersediaan situs aktif pada permukaan katalis. Karakterisasi FTIR mengkonfirmasi keberadaan SiO_2 dan ZnO, dengan mode getaran karakteristik yang diamati masing-masing pada 1067,44 cm^{-1} dan 428,72 cm^{-1}. Temuan ini menyoroti potensi menjanjikan dari

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

katalis SiO_2/ZnO yang dirancang khusus untuk pengolahan air limbah yang terkontaminasi pewarna secara efisien dan ramah lingkungan.

Kata Kunci : SiO2/ZnO catalysts, Rhodamine B, Fotokatalis

PENDAHULUAN

Kontaminasi perairan dengan pewarna organik, khususnya Rhodamin B, menimbulkan ancaman lingkungan yang signifikan. Rhodamin B, yang banyak digunakan dalam industri tekstil, plastik, dan kertas, menunjukkan persistensi warna yang tinggi dan potensi toksisitas ekologis, sehingga membahayakan kehidupan akuatik dan kesehatan ekosistem. Oleh karena itu, mengembangkan strategi yang efisien dan berkelanjutan untuk menghilangkan Rhodamin B dari air limbah menjadi hal yang sangat penting.

Fotokatalisis, menggunakan bahan semikonduktor yang diaktifkan oleh cahaya, memberikan pendekatan yang menjanjikan untuk degradasi pewarna. Di antara fotokatalis potensial, komposit SiO_2/ZnO telah muncul sebagai kandidat yang menarik karena sifat uniknya. Baik SiO_2 dan ZnO menawarkan keunggulan: SiO_2 menyediakan luas permukaan yang besar dan meningkatkan stabilitas katalis, sementara ZnO memiliki aktivitas fotokatalitik yang sangat baik karena celah pita yang lebar dan kekuatan oksidasi yang kuat.

Studi ini menyelidiki efektivitas katalis SiO_2/ZnO yang disintesis melalui impregnasi basah dengan muatan seng nitrat yang bervariasi (0,25–1,25 g) untuk penghilangan fotokatalitik Rhodamin B dari air limbah. Kami berhipotesis bahwa mengoptimalkan kandungan ZnO akan meningkatkan ketersediaan situs aktif pada permukaan katalis, sehingga memaksimalkan efisiensi fotokatalitik. Teknik karakterisasi seperti FTIR akan digunakan untuk mengkonfirmasi komposisi dan fungsi katalis yang disintesis. Selain itu, pengaruh pembebanan ZnO pada degradasi fotokatalitik dan mekanisme yang mendasarinya akan diselidiki secara menyeluruh.

Melalui penelitian ini, kami bertujuan untuk memberikan kontribusi berharga terhadap pengembangan solusi yang efisien dan ramah lingkungan untuk pengolahan air limbah yang terkontaminasi pewarna. Dengan mengoptimalkan desain dan penerapan fotokatalis SiO_2/ZnO, kami yakin penelitian ini dapat membuka jalan bagi masa depan air yang lebih bersih dan sehat.

METODE

1. *Bahan Kinia*

Semua bahan kimia digunakan begitu diterima tanpa pemurnian lebih lanjut. Silika (SiO_2), pewarna Rhodamin B, dan seng nitrat heksahidrat ($Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$) berperan sebagai prekursor katalis. Aktivitas fotokatalitik dievaluasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis, sedangkan FTIR menganalisis gugus fungsi katalis. Aquades menyiapkan semua larutan air.

2. Sintesis katalis SiO_2/ZnO

Dalam gelas kimia 250 mL, 0,25, 0,5, 0,75, 1, atau 1,25 g $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ dilarutkan dalam 100 mL air deionisasi. Lima gram silika kemudian ditambahkan pada setiap variasi dan campuran diaduk selama 6 jam pada kecepatan 250 rpm. Sampel kemudian disaring dan residu dicuci dengan air deionisasi. Filtratnya diuapkan untuk mengetahui jumlah seng nitrat yang tidak terimpregnasi. Katalis hasil impregnasi kemudian dikeringkan dalam oven bersuhu 100°C selama 24 jam dan kemudian dikalsinasi dalam muffle furnance bersuhu 400°C selama 6 jam. Terakhir, katalis didinginkan dalam desikator hingga suhu kamar.

3. Degradasi Fotokatalitik Pewarna Rhodamin B

Degradasi fotokatalitik pewarna Rhodamin B dievaluasi dengan mereaksikan 25 mg silika yang diresapi dengan 20 mL larutan pewarna Rhodamin B 10 ppm. Campuran diaduk dengan kecepatan 300 rpm selama 30 menit kemudian disinari dengan sinar UV selama 120 menit. Filtratnya kemudian disaring dan serapannya diukur pada 555 nm menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

4. Data Analysis

Data serapan yang diperoleh dari spektrofotometer UV-Vis digunakan untuk menghitung persentase degradasi zat warna Rhodamin B untuk setiap variasi katalis dan waktu iradiasi. Persentase degradasi ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\%Degradation = (Ao - A)/Ao\ x\ 100\%$$

dimana:

A_0: Absorbansi awal larutan pewarna Rhodamin B sebelum iradiasi.

A: Absorbansi larutan pewarna Rhodamin B setelah iradiasi dan filtrasi.

HASIL

1. Sintesis katalis SiO_2/ZnO

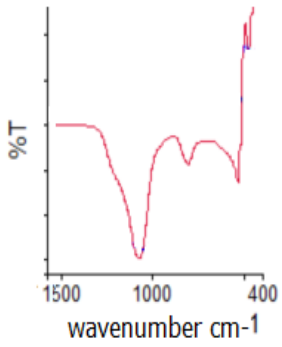
Penelitian ini menyelidiki produksi fotokatalis SiO_2/ZnO untuk menguraikan pewarna Rhodamin-B. Selektivitas katalis dapat ditingkatkan dengan memasukkan komponen aktif ke dalam pembawa. SiO_2 digunakan sebagai perangkap partikel untuk mencegah partikel ZnO berkumpul. Pendekatan impregnasi basah digunakan untuk memodifikasi silika, dengan $Zn(NO_3)_2.6H_2O$ sebagai prekursor logam aktif. Proses kalsinasi pada suhu 400°C selama 4 jam melepaskan pengotor yang terikat, dipengaruhi oleh gaya Van Der Waals, sehingga meningkatkan kapasitas penyerapan pori-pori silika. Seng oksida terbentuk selama kalsinasi seng nitrat heksahidrat: $2\ Zn(NO_3)_2.6H_2O \rightarrow 2\ ZnO(s) + 4\ NO_2(g) + O_2 + 6H_2O(g)$

2. Spektrum FTIR katalis SiO2/ZnO

Metode impregnasi basah yang digunakan dalam penelitian ini menawarkan pendekatan yang sederhana dan efisien untuk mensintesis katalis SiO_2/ZnO. Hasil FTIR mengkonfirmasi keberhasilan impregnasi, dengan karakteristik gugus fungsi ZnO dan SiO2 yang mudah diidentifikasi. Hal ini menunjukkan ikatan yang kuat antara bahan pendukung dan komponen aktif, yang penting untuk stabilitas dan aktivitas katalis. Spektrum FTIR katalis SiO_2/ZnO menunjukkan adanya gugus fungsi berikut:

Peregangan Zn-O: Pita ini terletak pada 469,69 cm^{-1} untuk katalis SiO_2/ZnO 5%, 445,33 cm^{-1} untuk katalis SiO_2/ZnO 10%, 422,19 cm^{-1} untuk katalis SiO_2/ZnO 15%, 425,80 cm^{-1} untuk katalis SiO_2/ZnO 20%, dan 428,72 cm^{-1} untuk katalis SiO_2/ZnO 25% [9]. Pita ini merupakan ciri dari vibrasi ulur Zn-O pada ZnO. Pergeseran ke bilangan gelombang yang lebih rendah dengan meningkatnya pembebanan ZnO disebabkan oleh meningkatnya kekuatan ikatan Zn-O.

Peregangan Si-O-Si: Pita ini terletak pada 1067,45 cm^{-1} untuk katalis SiO_2/ZnO 5%, 1068,17 cm_{-1} untuk katalis SiO_2/ZnO 10%, 1068,53 cm^{-1} untuk katalis SiO_2/ZnO 15% , 1067,44 cm^{-1} untuk katalis SiO_2/ZnO 20%, dan 1067,22 cm^{-1} untuk katalis SiO_2/ZnO 25%. Pita ini merupakan ciri dari vibrasi ulur Si-O-Si pada silika. Pergeseran kecil ke bilangan gelombang yang lebih rendah dengan meningkatnya pembebanan ZnO disebabkan oleh meningkatnya interaksi antara ZnO dan silika.

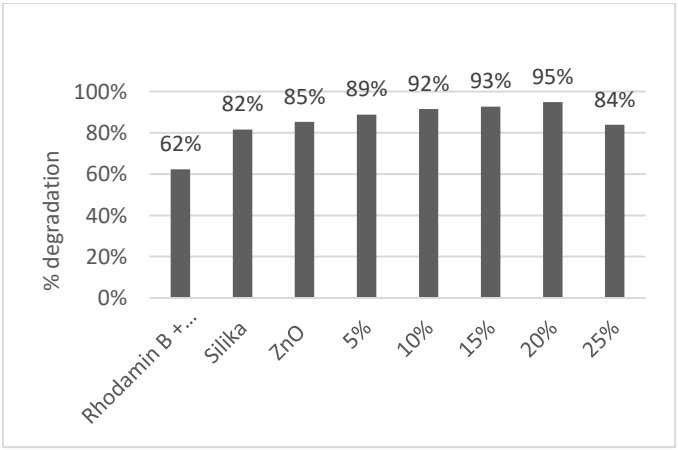


Gambar 1 hasil karakterisasi FTIR dari SiO_2/ZnO (pada 20% ZnO)

Keberadaan gugus fungsi ini menegaskan bahwa katalis SiO2/ZnO tersusun dari ZnO dan silika. Pergeseran ke bilangan gelombang yang lebih rendah dengan meningkatnya pembebanan ZnO disebabkan oleh meningkatnya interaksi antara ZnO dan silika. Interaksi ini kemungkinan besar disebabkan oleh terbentuknya ikatan kimia antara ZnO dengan silika.

3. Degradasi Rhodamin B (RhB) dengan katalis SiO2/ZnO

Persentase degradasi Rhodamin B (RhB) oleh katalis SiO2/ZnO meningkat dengan meningkatnya ZnO loading dari 5% menjadi 20%. Degradasi maksimum sebesar 95,1% dicapai dengan katalis SiO2/ZnO yang mengandung 20% ZnO. Penurunan degradasi pada pembebanan ZnO 25% kemungkinan disebabkan oleh rekombinasi lubang elektron, seperti yang dibahas dalam tanggapan sebelumnya.



Gambar 2 persentase degradasi SiO_2/ZnO terhadap rhodamine B

Studi ini menunjukkan korelasi penting antara pemuatan ZnO dan aktivitas fotokatalitik. Peningkatan jumlah ZnO dalam katalis menyebabkan degradasi Rhodamin B yang jauh lebih tinggi, mencapai maksimum 95,1% dengan sampel yang diresapi ZnO 20%. Hal ini dapat disebabkan oleh dua faktor utama:

Peningkatan Situs Aktif: Lebih banyak ZnO berarti lebih banyak situs aktif yang tersedia untuk adsorpsi RhB dan degradasi selanjutnya.

Peningkatan Luas Permukaan: Partikel ZnO yang lebih besar dengan luas permukaan yang lebih tinggi memberikan lebih banyak ruang bagi molekul RhB untuk berinteraksi dengan katalis, sehingga semakin meningkatkan efisiensi degradasi.

Namun, penurunan degradasi yang mengejutkan terlihat pada pemuatan ZnO 25%. Hal ini dapat dijelaskan dengan fenomena rekombinasi lubang elektron. Konsentrasi ZnO yang tinggi meningkatkan kemungkinan elektron tereksitasi kembali ke keadaan dasarnya ketika bertemu dengan lubang di dekatnya, sehingga mencegah partisipasinya dalam proses degradasi. Oleh karena itu, mengoptimalkan konten ZnO sangat penting untuk menyeimbangkan kelimpahan situs aktif dengan keterbatasan rekombinasi.

PEMBAHASAN

Penelitian ini menyoroti potensi katalis SiO_2/ZnO untuk aplikasi pengolahan air limbah. Tingginya aktivitas fotokatalitik yang dicapai, khususnya dengan katalis ZnO 20%, menunjukkan efektivitasnya dalam menghilangkan polutan organik seperti RhB dari air yang terkontaminasi. Selain itu, teknik sintesis sederhana menawarkan keuntungan hemat biaya untuk implementasi skala besar.

Meskipun FTIR mengkonfirmasi keberadaan kelompok fungsional yang diinginkan, pemahaman yang lebih mendalam tentang hubungan struktur-aktivitas dan optimalisasi kinerja memerlukan teknik karakterisasi tambahan. XRD akan menjelaskan struktur dan fasa kristal ZnO, sedangkan UV-Vis akan mengungkap sifat penyerapan cahaya. SEM-EDX akan memvisualisasikan morfologi dan distribusi ZnO, dan porosimetri akan menentukan informasi penting luas permukaan dan ukuran pori. Wawasan yang lebih mendalam ini akan memandu optimasi komposisi katalis lebih lanjut dan menjelaskan penurunan aktivitas yang tidak terduga pada pemuatan ZnO 25%, yang mungkin melalui studi laju rekombinasi dan metode sintesis alternatif.

KESIMPULAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa katalis SiO_2/ZnO berpotensi digunakan untuk pengolahan air limbah yang mengandung Rhodamin B secara efektif. Penelitian lebih lanjut

diperlukan untuk mengoptimalkan kondisi sintesis dan menyelidiki stabilitas katalis dalam jangka panjang. upaya karakterisasi dan optimalisasi diperlukan untuk memanfaatkan potensinya secara maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

Y. Witsqa Firmansyah *et al.* (2021). Kondisi Sungai di Indonesia Ditinjau dari Daya Tampung Beban Pencemaran: Studi Literatur," *Serambi Eng.*, vol. VI, no. 2.

K. K. Chenab, B. Sohrabi, A. Jafari, and S. Ramakrishna. (2020). Water treatment: functional nanomaterials and applications from adsorption to photodegradation," *Mater. Today Chem.*, vol. 16, p. 100262, doi: 10.1016/j.mtchem.2020.100262.

J. Ambigadevi, P. Senthil Kumar, D. V. N. Vo, S. Hari Haran, and T. N. Srinivasa Raghavan. (2021). Recent developments in photocatalytic remediation of textile effluent using semiconductor based nanostructured catalyst: A review," *J. Environ. Chem. Eng.*, vol. 9, no. 1, p. 104881, doi: 10.1016/j.jece.2020.104881.

M. Tahir, S. Tasleem, and B. Tahir. (2020). Recent development in band engineering of binary semiconductor materials for solar driven photocatalytic hydrogen production," *Int. J. Hydrogen Energy*, vol. 45, no. 32, pp. 15985–16038, doi: 10.1016/j.ijhydene.2020.04.071.

M. M. Khan, N. H. Saadah, M. E. Khan, M. H. Harunsani, A. L. Tan, and M. H. Cho. (2019). Potentials of Costus woodsonii leaf extract in producing narrow band gap ZnO nanoparticles," *Mater. Sci. Semicond. Process.*, vol. 91, no. November 2018, pp. 194–200, doi: 10.1016/j.mssp.2018.11.030.

U. Azarria and M. Khair. (2022). Sintesis Fotokatalis ZnO / Zeolit Dengan Aplikasinya Mengurangi Konsentrasi Rhodamine B Dalam Larutan Berair," vol. 6, no. 2, pp. 166–173, doi: 10.30743/cheds.v6i2.6080.

X. Lv *et al.* (2020). Preparation and photocatalytic activity of Fe3O4@SiO2@ZnO:La," *J. Rare Earths*, vol. 38, no. 12, pp. 1288–1296, doi: 10.1016/j.jre.2020.04.007.

S. Li and G. Chen. (2018). Thermogravimetric, thermochemical, and infrared spectral characterization of feedstocks and biochar derived at different pyrolysis temperatures," *Waste Manag.*, vol. 78, pp. 198–207, doi: 10.1016/j.wasman.2018.05.048.

D. Praseptiangga, H. L. Zahara, P. I. Widjanarko, I. Made Joni, and C. Panatarani. (2020). Preparation and FTIR spectroscopic studies of SiO2-ZnO nanoparticles suspension for the development of carrageenan-based bio-nanocomposite film," *AIP Conf. Proc.*, vol. 2219, doi: 10.1063/5.0003434.

H. Sanjaya. (2018). Degradasi Metil Violet Menggunakan Katalis Zno-Tio2 Secara Fotosonolisis," *EKSAKTA Berk. Ilm. Bid. MIPA*, vol. 19, no. 1, pp. 91–99, doi: 10.24036/eksakta/vol19-iss1/131.