



dapat diakses melalui <http://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jmuo>



Kinetika Fotodegradasi *Remazol Yellow* Menggunakan Fotokatalis ZnO dan ZnO-Ag

Agres K. Tarigan ^{a*}, Audy D. Wuntu^a, Henry F. Aritonanga^a

^aJurusan Kimia, FMIPA, Unsrat, Manado

KATA KUNCI

Fotodegradasi
Remazol Yellow
ZnO
Ag

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang kinetika fotodegradasi *remazol yellow* dengan menggunakan ZnO dan ZnO yang disisipi 1%, 3%, 5%, 7%, dan 9% Ag yang disintesis dengan metode kopresipitasi. Eksperimen kinetika dilakukan melalui penentuan konsentrasi *remazol yellow* yang tersisa setelah interaksi ZnO dan ZnO-Ag dengan larutan *remazol yellow* yang disinari UV selama 0, 20, 40, 60, 80, 100, 120 dan 140 menit. Selanjutnya data dianalisis mengikuti model kinetika reaksi orde pertama. Hasil penelitian menunjukkan bahwa laju reaksi fotodegradasi oleh ZnO meningkat dengan penambahan konsentrasi dopan Ag

KEYWORDS

Photodegradation
Remazol Yellow
ZnO
Ag

ABSTRACT

A research on photodegradation kinetics of remazol yellow using ZnO and Ag-doped ZnO (1, 3, 5, 7 and 9 wt% Ag) synthesized by co-precipitation method had been studied. Kinetics experiment was performed by determining the concentration of remazol yellow remained after interaction of ZnO and ZnO-Ag with remazol yellow solution that were irradiated by UV-light at 0, 20, 40, 60, 80, 100, 120 and 140 minutes. Data obtained was analyzed using first-order kinetics model. The results showed that photodegradation rate was increased with the increasing Ag concentration.

TERSEDIA ONLINE

1 Agustus 2017

1. Pendahuluan

Dewasa ini aktivitas perindustrian semakin pesat, sehingga berbagai jenis limbah logam berat dan organik yang dihasilkan dapat menjadi permasalahan serius bagi kesehatan dan lingkungan. Selain logam berat, terdapat senyawa organik berwarna yang sulit untuk diurai. Pembuangan limbah berwarna ke lingkungan merupakan sumber pencemaran dan dapat menimbulkan bahaya, efek toksik dan mengurangi penetrasi cahaya di perairan yang tercemar (Prado *et al.*, 2008). Zat warna reaktif merupakan zat warna yang banyak digunakan untuk pewarnaan tekstil, contohnya *remazol brilliant orange 3R*, *remazol yellow*, *remazol red*, dan *remazol black B*. Zat-zat warna tersebut sering digunakan untuk proses pewarnaan batik, baik dalam skala industri besar maupun industri rumahan (Nugroho *et al.*, 2013). *Remazol yellow* (RY) mewakili salah satu zat

warna pilihan dalam pewarnaan batik karena memberikan warna yang cerah dan tidak mudah luntur (Qodri, 2011).

Banyak metode yang telah digunakan untuk mengatasi permasalahan limbah warna ini, seperti metode klorinasi, biodegradasi dan ozonisasi. Metode tersebut membutuhkan biaya operasional yang cukup mahal sehingga kurang efektif diterapkan di Indonesia (Fatimah *et al.*, 2006). Salah satu metoda yang relatif murah dan mudah diterapkan di Indonesia, yaitu fotodegradasi. Prinsip metode ini yaitu menggunakan fotokatalis yang berasal dari bahan nano semikonduktor seperti TiO₂, ZnO, Fe₂O₃, CdS, dan sebagainya (Sakhtivel *et al.*, 2003). Penelitian tentang fotodegradasi *remazol yellow* telah dilakukan diantaranya adalah Qodri (2011) menggunakan TiO₂/SiO₂, Tumbel *et al.* (2015) menggunakan TiO₂/Zeolit A dan Poluakan *et al.* (2015) menggunakan TiO₂-Karbon Aktif dan TiO₂-Zeolit.

Nano semikonduktor sangat menarik untuk dikembangkan karena sifat optik dan elektroniknya. TiO₂ telah lama dilaporkan sebagai fotokatalis yang

*Corresponding author: Jurusan Kimia FMIPA UNSRAT, Jl. Kampus Unsrat, Manado, Indonesia 95115; Email address: angres.kris@gmail.com

menjanjikan karena harganya yang murah dan memiliki efektifitas yang tinggi (Zaleska, 2008). Namun semikonduktor ZnO memiliki keuntungan dibandingkan dengan TiO₂ karena ZnO mampu menyerap spektrum matahari dan kuantum cahaya lebih banyak dibandingkan dengan TiO₂ (Hutabarat, 2012). Material ZnO memiliki jarak celah pita yang lebih besar (3,37 eV) daripada TiO₂ (3,2 eV) (Singh, 2009).

Aktifitas fotokatalitik semikonduktor ZnO dapat ditingkatkan dengan cara menambahkan suatu matriks atau dopan, yaitu dengan cara menambahkan *transition metal doping* (Hutabarat, 2012). Pada penelitian sebelumnya, telah dilakukan oleh Chong *et al.* (2006) menunjukkan bahwa terjadi peningkatan aktivitas fotokatalis dari material nano ZnO yang di doping dengan logam Nikel. Sarvanan *et al.* (2014) melaporkan telah berhasil mensintesis nanopartikel ZnO yang didoping Ag dengan prekursor seng asetat dihidrat dan perak nitrat menggunakan metode pembakaran. Namun Sarvanan *et al.* (2014) tidak melaporkan bagaimana aktivitas dari fotokatalis tersebut. Oleh sebab itu, peneliti tertarik untuk mensintesis nanopartikel ZnO yang akan didoping menggunakan logam transisi Ag menggunakan prekursor seng nitrat tetrahidrat dengan metode kopresipitasi. Selanjutnya, material ZnO-Ag yang dihasilkan akan digunakan untuk mendegradasi zat warna *remazol yellow*. Digunakannya Ag sebagai pendoping karena Ag memiliki sifat tidak mudah teroksidasi atau mempunyai potensial reduksi tinggi, sehingga logam tersebut bertindak sebagai akseptor elektron (Kawahara *et al.*, 2005). Disamping itu, digunakannya metode kopresipitasi karena metode ini merupakan salah satu metode yang dapat digunakan karena semua produk hasil reaksinya akan mengandung nanopartikel atau nanokomposit dan memiliki ukuran kristalit yang lebih kecil dari 100 nm (Behnajady *et al.*, 2011).

2. Material dan Metode

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah spektrofotometer UV-Vis (Shimadzu UV-1800), kotak reaktor (60x50x50 cm) dilengkapi dengan 4 buah lampu UV-A (Himawari T8 – 20 W). Oven (Mimmert), timbangan analitik (Adam PW 254), kertas saring, pengaduk magnet, peralatan gelas (Iwaki Pyrex).

Bahan-bahan yang digunakan adalah zat warna *remazol yellow*, Zn(NO₃)₂·4H₂O, AgNO₃, NaOH, dan akuades.

Preparasi Nanopartikel ZnO dan ZnO-Ag

Sintesis nanopartikel ZnO dan ZnO-Ag menggunakan metode Thaweesang *et al.* (2013), dengan menggunakan dopan Ag. Nanopartikel ZnO dan ZnO-Ag disintesis menggunakan metode kopresipitasi menggunakan prekursor seng nitrat

tetrahidrat (Zn(NO₃)₂·4H₂O) dan perak nitrat (AgNO₃) sebagai sumber nanopartikel Zn dan Ag. Sebanyak 5,299 g seng nitrat dilarutkan dalam 100 mL akuades untuk mendapatkan 0,2 M. Kemudian diaduk sampai 30 menit. Setelah itu ditambahkan larutan NaOH 1 M secara perlahan ke dalam prekursor sambil diaduk sampai pH larutan mencapai 13 dan terbentuk endapan. Endapan tersebut kemudian disaring dan dicuci beberapa kali dengan akuades sampai pH larutan menjadi 7. Endapan kemudian dikeringkan di oven pada suhu 80 °C selama 6 jam dan setelah itu endapan dikalsinasi pada 400 °C untuk mendapatkan ZnO.

Untuk sintesis ZnO-Ag, sebanyak 5,229 g prekursor Zn(NO₃)₂·4H₂O dan AgNO₃ (1,3,5,7 dan 9 % dari berat seng nitrat) dilarutkan dalam 100 mL akuades. Larutan tersebut kemudian diaduk selama 30 menit. Setelah itu, larutan NaOH 1 M kemudian ditambahkan secara perlahan ke dalam prekursor sambil diaduk sampai pH larutan mencapai 13 dan terbentuk endapan. Endapan tersebut kemudian disaring dan dicuci beberapa kali dengan akuades sampai pH larutan menjadi 7. Endapan kemudian dikeringkan di oven pada suhu 80 °C selama 6 jam dan setelah itu endapan dikalsinasi pada 400 °C untuk mendapatkan ZnO-Ag.

Uji Aktivitas Fotokatalis ZnO dan ZnO-Ag

Sebanyak 20 mL larutan *remazol yellow* 20 ppm dimasukkan ke dalam tujuh tabung kaca dan ke dalam setiap tabung ditambahkan 20 mg ZnO. Tabung kaca dimasukkan ke dalam reaktor dan disinari dengan lampu UV dan pada selang waktu 20 menit dikeluarkan satu tabung kaca untuk disaring, disentrifugasi, dan kemudian dianalisis zat warna yang tersisa dalam larutannya dengan spektrofotometer UV-vis. Prosedur yang sama dilakukan untuk selang waktu 40, 60, 80, 100, 120, dan 140 menit. Keseluruhan prosedur selanjutnya diulang menggunakan fotokatalis ZnO yang disisipi 1%, 3%, 5%, 7%, dan 9% Ag.

Kinetika laju fotodegradasi *remazol yellow* dihitung melalui Persamaan berikut.

$$-\ln (C_t / C_0) = Kt$$

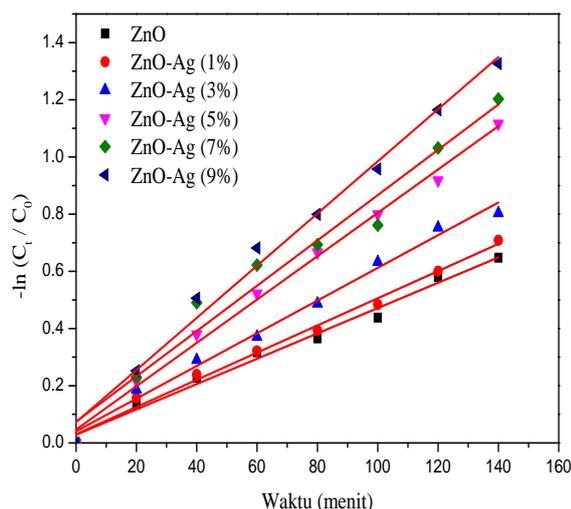
i mana C₀ adalah konsentrasi sebelum penyinaran, C_t adalah konsentrasi setelah penyinaran dan K adalah nilai konstanta laju reaksi.

3. Hasil dan Pembahasan

Aktivitas Fotokatalis ZnO dan ZnO-Ag

Waktu penyinaran pada proses fotodegradasi menggambarkan lamanya interaksi (kontak) antara fotokatalis dengan sinar (*hν*) dalam menghasilkan radikal OH dan kontak antara radikal OH dengan substrat *remazol yellow* dalam proses degradasi.

Kinetika laju fotodegradasi *remazol yellow* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kinetika fotodegradasi *remazol yellow* oleh fotokatalis.

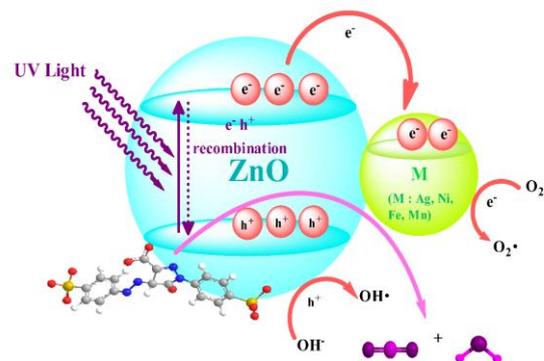
Data yang diperoleh dianalisis menggunakan model kinetika reaksi orde pertama dengan membuat regresi linear $-\ln(C_t/C_0)$ vs. t (Gambar 1) di mana C_t adalah konsentrasi zat warna pada waktu t , C_0 adalah konsentrasi zat warna sebelum fotodegradasi, sedangkan nilai konstanta laju reaksi, k , dapat diperoleh dari nilai kemiringan (*slope*) pada persamaan linear tersebut (Fujishima *et al.*, 2000). Konstanta laju fotodegradasi dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Konstanta laju fotodegradasi *remazol yellow* oleh katalis ZnO dan ZnO-Ag (1, 3, 5, 7 dan 9 %)

No	Katalis	K (konstanta laju) (menit ⁻¹)	R ²
1	ZnO	0.0044	0.9883
2	ZnO-Ag (1%)	0.0048	0.9915
3	ZnO-Ag (3%)	0.0057	0.9894
4	ZnO-Ag (5%)	0.0076	0.9943
5	ZnO-Ag (7%)	0.0079	0.9703
6	ZnO-Ag (9%)	0.0091	0.9893

Berdasarkan Tabel 1 tampak terlihat jelas bahwa peningkatan logam Ag yang didoping juga diikuti kenaikan laju degradasi Remazol Yellow. Peristiwa ini mengindikasikan bahwa semakin tinggi konsentrasi dopan Ag, kemampuan aktivitas fotokatalis juga semakin meningkat. Salah satu penyebab dari peristiwa ini yaitu terjadinya penurunan nilai *band gap* yang disebabkan oleh kenaikan konsentrasi dopan Ag. Hal ini berkaitan dengan *sub band gap* yang terbentuk ketika proses doping sehingga akan memperpendek lebar celah antara pita valensi dengan pita konduksi. Penempelan logam pada permukaan semikonduktor merupakan salah satu metode modifikasi permukaan semikonduktor. Logam dapat meningkatkan kecepatan reaksi fotokatalitik sehingga meningkatkan jumlah produk yang terdegradasi. Peningkatan Konsentrasi Ag dapat meningkatkan pembentukan *hole* dan *electron*, dan

juga dapat menghambat rekombinasi pasangan *electron-hole* (Chong *et al.*, 2015). Mekanisme fotodegradasi dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Mekanisme fotodegradasi dari fotokatalis ZnO yang didoping logam transisi (Turkylmaz *et al.*, 2017).

4. Kesimpulan

Peningkatan konsentrasi Ag yang di doping pada ZnO meningkatkan aktivitas fotokatalis. Semakin besar konsentrasi Ag yang di doping pada ZnO maka semakin besar laju fotodegradasi *remazol yellow*.

Daftar Pustaka

- Behnajady, M. A., Mordishahla, N. dan Ghazalian, E. 2011. Synthesis of ZnO Nanoparticles Activity. *Digest Journal of Nanomaterials and Biostructure*. **6**:467-474.
- Chong, C. J., Hong, J. H., Liu, Q.Y., Liao, L. dan Zhang, K.L. 2006. Synthesis, Structure, and Ferromagnetic Properties of Ni-doped ZnO Nanoparticles. *Solid State Communications*. **138**: 511-515.
- Fatimah, I., Sugiharto, E., Wijaya, K., Tahir, I. dan Kamalia. 2006. Titanium Oxide Dispered On Natural Zeolite (TiO₂/Zeolite) And Its Application For Congo Red Photodegradation. *Indonesian Journal of Chemistry*. **6**:8-42.
- Fujishima, A., Rao, T. N, dan Tryk, D.A. 2000. Titanium dioxide photocatalysis. *Journal Photochem. Photobio*. **1**:1-21
- Hutabarat, R. 2012. Sintesis dan Karakteristik Fotokatalis Fe²⁺-ZnO Berbasis Zeolit Alam. [Skripsi]. FTUI. Depok.
- Kawahara, K., Suzuki, K., Ohko, Y dan Tatsuma, T. (2005). Electron Transport in Silver-Semiconductor Nanocomposite Films Exhibiting Multicolor Photochromism. *Physical Chemistry & Chemistry Physics*. **7**: 3851-3854.
- Nugroho, S., A.T. Prasetya, dan S. Wahyuni. 2013. Elektrodegradasi Indigosol Golden Yellow IRK dalam Limbah Batik dengan Elektoda Grafit. *Indonesian Journal of Chemical Science*. **3**:248-252.
- Poluakan, M., Wuntu, A. D dan Sangi, M.S. 2015. Aktivitas Fotokatalitik TiO₂-Karbon Aktif dan TiO₂-Zeolit Pada Fotodegradasi Zat Warna

- Remazol Yellow. *Jurnal Mipa Unsrat Online*. **4**: 137-140.
- Prado, A.G.S., Bolzon, L.B., Pedroso, C.P., Moura, A.O. dan Costa, L.L. 2008. Nb2O5 as Efficient and Recyclable Photocatalyst for Indigo Carmine Degradation, *Appl. Catal. B: Environ.* **82**:19-224.
- Qodri, A.A. 2011. Fotodegradasi Zat Warna Remazol Yellow Dengan Fotokatalis Komposit TiO₂/SiO₂ [skripsi]. FMIPA UNS, Surakarta.
- Sarvanan, S., Silambarasan, M., dan Soga, T. 2014. Structural, Morphological and optical Studies of Ag-doped ZnO Nanoparticles Synthesized by Simple Solution Combustion Method. *Japanesse Journal of Applied Physics*. **53**: 1-6.
- Singh, S. 2009. Electrical Transport and Optical Studies of Transition Metal Ion Doped ZnO and Synthesis of ZnO based Nanostructure by Chemical Route, Thermal Evaporation and Pulsed Laser Deposition. [Thesis]. Departmen Of Physics Indian, Institute Of Technology Madras.
- Sakthivel, S., Neppolian, B., Shankar, V., Arabindoo, B., Palanichamy, M. dan Murugesen, V. 2003. Solar Photocatalytic Degradation of Azo Dye Comparison of Photocatalytic Efficiency of ZnO and TiO₂. *Sol.Energy Mater. Sol. C*. **77**:65-82.
- Thaweessang, N., Suphankij, S., Pecharapa, W. dan Techitdheera 2013. Struktural and optical properties of Cu-doped ZnO Nanoparticles Synthesis by Co-Precipitation Method for Solar Energy Harvesting Application. *School of Applied Physics*. 274-276.
- Tumbel, E. D., Wuntu, A. D dan Abidjulu, J. 2015. Photodegradation of Remazol Yellow Using A-Type Zeolite/TiO₂. *Indonesia Journal Chemistry*. **3**: 238-241
- Türkyılmaz, S.S., Güy, N dan Özacar, M. 2017. Photocatalytic efficiencies of Ni, Mn, Fe and Ag doped ZnO nanostructures synthesized by hydrothermal method The synergistic/antagonistic effect between ZnO and metals. *Journal of Photochemistry and Photobiology*. 1-41
- Zaleska, A. 2008. Doped- TiO₂. *Recent Patents on Engineering*. **2**:157-164.
-