

## PENGARUH AERASI TERHADAP DEGRADASI CONGO RED SECARA FOTOKIMIA DENGAN $\text{TiO}_2$ DAN $\text{H}_2\text{O}_2$

### *The Effect of Aeration on Photochemical Degradation of Congo Red by $\text{TiO}_2$ and $\text{H}_2\text{O}_2$*

Fitri Anisya Muslimah<sup>\*)</sup>, Kamilia Mustikasari, Rahmat Yunus

Program Studi Kimia FMIPA Universitas Lambung Mangkurat

Jl. A Yani Km 36 Banjarbaru 70714

Keperluan Korespondensi, email: fitrianisya12@gmail.com

#### ABSTRAK

*Congo red* sebagai salah satu bahan kimia organik sintetik yang banyak digunakan untuk industri tekstil dapat mencemari lingkungan dan tanah. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendegradasi zat warna dengan metode fotokimia menggunakan katalis  $\text{TiO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}_2$  serta pengaruh aerasi pada proses fotokimia. Larutan *congo red* 10 mg/L sebanyak 100 mL ditambah dengan  $\text{TiO}_2$  sebanyak 60, 80, 100, 120, 140 mg dan  $\text{H}_2\text{O}_2$  sebanyak 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5 mL disinari dengan lampu UV dengan variasi waktu 20, 40, 60, 80, 100 dan 180 menit. Konsentrasi *congo red* dalam larutan dianalisis dengan spektrofotometer UV-Vis. Degradasi *congo red* tertinggi (65,43%) dicapai pada  $\text{TiO}_2$  120 mg dan  $\text{H}_2\text{O}_2$  0,4 mL dengan penyinaran selama 100 menit. Aerasi meningkatkan degradasi *congo red* secara fotokimia menjadi 80,03%.

**Kata Kunci:** *congo red*, fotokimia, aerasi,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$

#### ABSTRACT

*Congo Red* is a synthetic organic chemical that widely used for textile industries and has contributed on water and soil pollution. This research studied the degradation of Congo Red using  $\text{TiO}_2$  and  $\text{H}_2\text{O}_2$  where the optimum concentration of each photocatalysts and the contact time were investigated. The influence of aeration to Congo Red was also observed. One-hundred mL of 10 mg/L Congo Red solutions with various concentration of  $\text{H}_2\text{O}_2$  and  $\text{TiO}_2$  were irradiated with UV lamp, where the irradiation time was also varied. The Congo Red concentration in the solution was analyzed using UV-Vis spectrophotometer. The highest level of Congo Red degradation (65.43%) was achieved by using 120 mg of  $\text{TiO}_2$  120 mg, 0.4 mL of  $\text{H}_2\text{O}_2$  0.4 mL and 100 minutes of irradiation. The result also showed that aeration can increase degradation of Congo Red up to 80.03%.

**Keywords:** *congo red*, photochemistry, aeration,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$

#### PENDAHULUAN

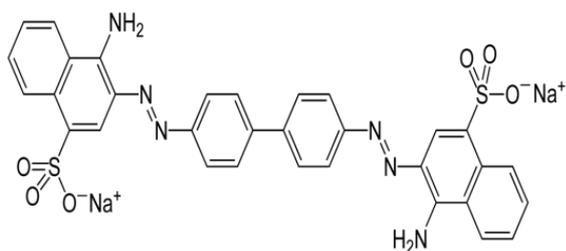
Industri tekstil sangat berkembang saat ini, termasuk di Indonesia. Industri tekstil selain memberikan keuntungan secara finansial juga memberikan dampak negatif bagi lingkungan. Pada umumnya zat warna dari

limbah industri tekstil merupakan senyawa organik dengan struktur aromatik yang sukar terdegradasi. Salah satu zat warna yang biasa digunakan pada industri tekstil adalah *congo red* (Prameswari, 2013).

Keberadaan zat warna *congo red* yang terakumulasi di lingkungan dapat

mempengaruhi ekosistem lingkungan tersebut. *Congo red* yang terakumulasi dalam tubuh dapat menyebabkan gangguan fungsi hati, ginjal, dan syaraf (Wardhana, 2004).

Struktur senyawa *congo red* dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Struktur senyawa *Congo Red*

Salah satu metode alternatif pengolahan limbah industri tekstil adalah fotodegradasi dengan katalis  $\text{TiO}_2$ . Metode tersebut telah banyak dikembangkan untuk mendegradasi limbah organik, seperti senyawa pestisida dalam air limbah (Zhu dkk., 2006; Daneshvar dkk., 2004), klorofenol (Mukaromah, 2004), zat warna *orange II* (Lucarelli dkk., 2000), senyawa selulosa dan lignin dalam limbah cair industri obat berbahan herbal (Krisnasiwi, 2013).

Penelitian-penelitian tersebut menyimpulkan bahwa fotodegradasi senyawa-senyawa organik meningkat dengan adanya penambahan fotokatalis  $\text{TiO}_2$ , serta menghasilkan produk molekul yang tidak berbahaya seperti  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}_2$ , dan molekul kecil lain yang aman bagi lingkungan. Menurut Hu dkk., (2003) peningkatan efektivitas fotodegradasi di katalis  $\text{TiO}_2$  pada senyawa organik telah dilakukan dengan penambahan oksidator

anorganik seperti  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{ClO}_3^-$ ,  $\text{BrO}_3^-$ , dan  $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ . Di antara oksidator-oksidador tersebut,  $\text{H}_2\text{O}_2$  merupakan oksidator yang paling ramah lingkungan dan mempunyai efektivitas tinggi. Karena kelebihan tersebut,  $\text{H}_2\text{O}_2$  sering digunakan untuk pengolahan limbah, di antaranya pengolahan limbah zat warna *eriolglaucine* (Jain & Sikarwar, 2008) dan pengolahan limbah cair industri obat berbahan herbal (Listiono, 2014). Proses fotokimia dapat ditingkatkan dengan adanya penambahan oksigen yaitu proses aerasi. Edahwati dan Suprihatin (2010) menyatakan bahwa proses aerasi dapat menurunkan kadar COD pada air limbah perikanan.

## METODOLOGI PENELITIAN

### Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya spektrofotometer UV-Vis (*Shimadzu Pharmaspec 1700 DU*), wadah fotokimia, lampu UV 30 watt (Philips), neraca analitik (Mettler tipe AE 200), *stirrer*, *magnetic stirrer*, *diffuser aerator* merk Recent RC-999 (voltase 220-240, frekuensi 50 Hz, watt 2,5) sentrifugasi, labu ukur, pipet volume. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah  $\text{TiO}_2$  (Merck) p.a,  $\text{H}_2\text{O}_2$  30%, *congo red* (Merck) p.a dan akuades.

### Prosedur Kerja

#### Penentuan panjang gelombang optimum *congo red* menggunakan spektrofotometer UV-Vis

Larutan *congo red* 10 mg/L disiapkan, kemudian panjang gelombang optimum

ditentukan dengan mengukur absorbansi larutan *congo red* 10 mg/L.

#### **Pembuatan kurva baku *congo red***

Larutan *congo red* disiapkan dengan konsentrasi 0, 2, 4, 6, 8, dan 10 mg/L, kemudian absorbansi larutan standar *congo red* diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang optimum.

#### **Penentuan konsentrasi $\text{TiO}_2$ optimum untuk mendegradasi *congo red***

Sebanyak 100 mL larutan *congo red* 10 mg/L dimasukkan ke dalam 5 gelas beaker, kemudian ditambahkan  $\text{TiO}_2$  masing-masing sebanyak 60; 80; 100; 120; dan 140 mg, disinari dalam wadah UV selama 100 menit sambil diaduk menggunakan *magnetic stirrer* (Ramadhana dkk., 2013). Diambil 5-10 mL untuk diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang optimum.

#### **Penentuan konsentrasi $\text{H}_2\text{O}_2$ optimum untuk mendegradasi *congo red***

Sebanyak 100 mL larutan *congo red* 10 mg/L dimasukkan ke dalam 5 gelas beaker, kemudian ditambahkan  $\text{TiO}_2$  optimum dan  $\text{H}_2\text{O}_2$  30% masing-masing sebanyak 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; dan 0,5 mL, disinari dalam wadah UV selama 100 menit sambil diaduk menggunakan *magnetic stirrer* (Ramadhana dkk., 2013). Diambil 5-10 mL untuk diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang optimum.

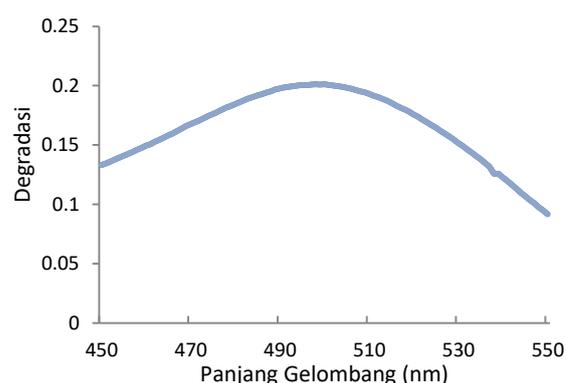
#### **Penentuan waktu kontak optimum dalam degradasi *congo red* dengan dan tanpa aerasi**

Larutan *congo red* 10 mg/L sebanyak 100 mL dimasukkan ke dalam 2 gelas beaker, kemudian ditambahkan  $\text{TiO}_2$  dengan dosis optimum dan  $\text{H}_2\text{O}_2$  30% optimum, disinari dalam wadah UV dan diaduk menggunakan *magnetic stirrer* (Ramadhana dkk., 2013). Ke dalam satu gelas beaker ditambahkan aerator untuk proses aerasi sedangkan satu gelas beaker sisanya tanpa aerator sebagai pembanding. Diambil beberapa mL setiap menit ke-20, 40, 60, 80, 100, 120, 180 dan diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang optimum.

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **Penentuan Panjang Gelombang Optimum *Congo Red***

Penentuan panjang gelombang optimum *congo red* dilakukan pada kisaran panjang gelombang 450 hingga 550 nm. Hasil pengukuran panjang gelombang maksimum larutan standar *congo red* dapat dilihat pada Gambar 2.



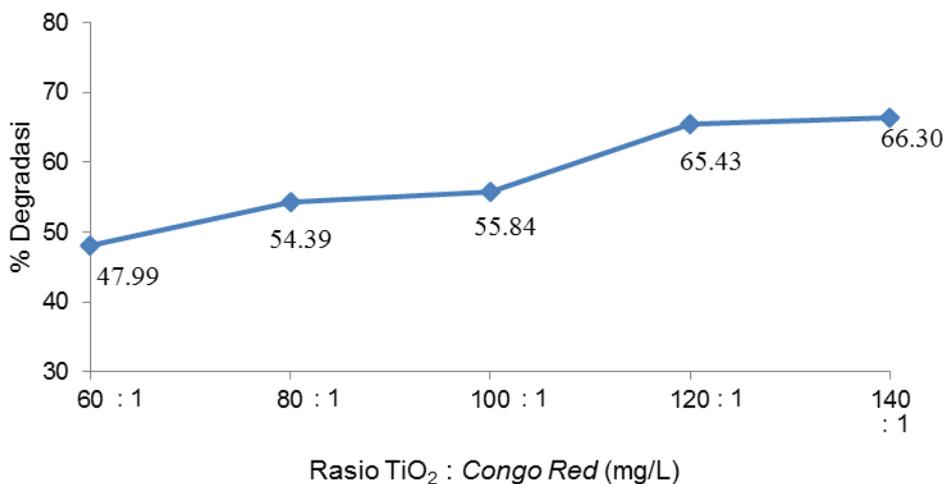
**Gambar 2.** Grafik hubungan panjang gelombang dan absorbansi *congo red*

Gambar 2 menunjukkan bahwa panjang gelombang optimum *congo red* dalam penelitian ini adalah 500 nm. Hal ini

tidak berbeda jauh dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan panjang gelombang optimum *congo red* sebesar 501 nm (Wijaya, 2006), 499 nm (Yahdiana, 2011), dan 486 nm (Syahputra, 2016).

### Penentuan Konsentrasi $\text{TiO}_2$ Optimum dalam Mendegradasi *Congo Red*

Hasil degradasi *congo red* terhadap berat  $\text{TiO}_2$  dapat dilihat pada Gambar 3 di bawah ini.



**Gambar 3.** Hubungan variasi mass  $\text{TiO}_2$  dengan jumlah massa *congo red* yang terdegradasi secara fotokimia

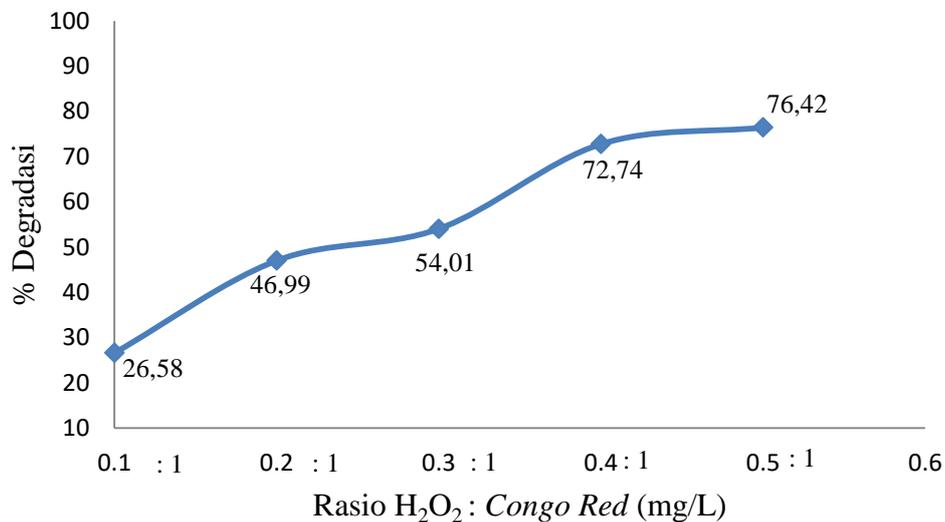
Berdasarkan Gambar 3 di atas dapat dilihat bahwa terjadi perubahan persentase degradasi optimum terhadap *congo red* menjadi sebesar 65,43% dengan jumlah  $\text{TiO}_2$  sebesar 120 mg. Dosis  $\text{TiO}_2$  sebesar 120 mg dalam 100 mL larutan *congo red* selanjutnya digunakan sebagai jumlah  $\text{TiO}_2$  optimum dalam penelitian ini. Gambar 5 menunjukkan bahwa semakin banyak  $\text{TiO}_2$  yang ditambahkan, maka persentase degradasi *congo red* juga semakin besar. Hal ini dikarenakan dengan semakin banyaknya  $\text{TiO}_2$  yang digunakan mengakibatkan *hole* yang terbentuk semakin banyak pula. *Hole* yang terbentuk dari proses eksitasi akan bereaksi dengan molekul-molekul air di sekitarnya sehingga membentuk suatu molekul radikal hidroksil. Radikal hidroksil

yang dihasilkan ini sangat reaktif, sehingga mampu mendegradasi senyawa-senyawa organik. Pada jumlah  $\text{TiO}_2$  140 mg absorbansi semakin meningkat tetapi perubahan tidak terlalu signifikan. Hal ini disebabkan naiknya tingkat kekeruhan dari larutan yang diakibatkan jumlah fotokatalis yang tinggi. Sehingga sinar UV sulit menembus larutan, maka sistem fotokatalis  $\text{TiO}_2$  menyerap sedikit energi. Akibatnya elektron yang berpindah dari pita valensi ke pita konduksi menjadi lebih sedikit sehingga pembentukan hidroksil ( $\bullet\text{OH}$ ) yang terbentuk juga menjadi lebih sedikit, karena itu persen degradasi mengalami tidak lagi mengalami peningkatan secara signifikan. (Teng Ong dkk., 2012).

### Penentuan Konsentrasi $H_2O_2$ Optimum dalam Mendegradasi *Congo Red*

Pada proses fotokatalitik penambahan  $H_2O_2$  berperan dalam meningkatkan radikal

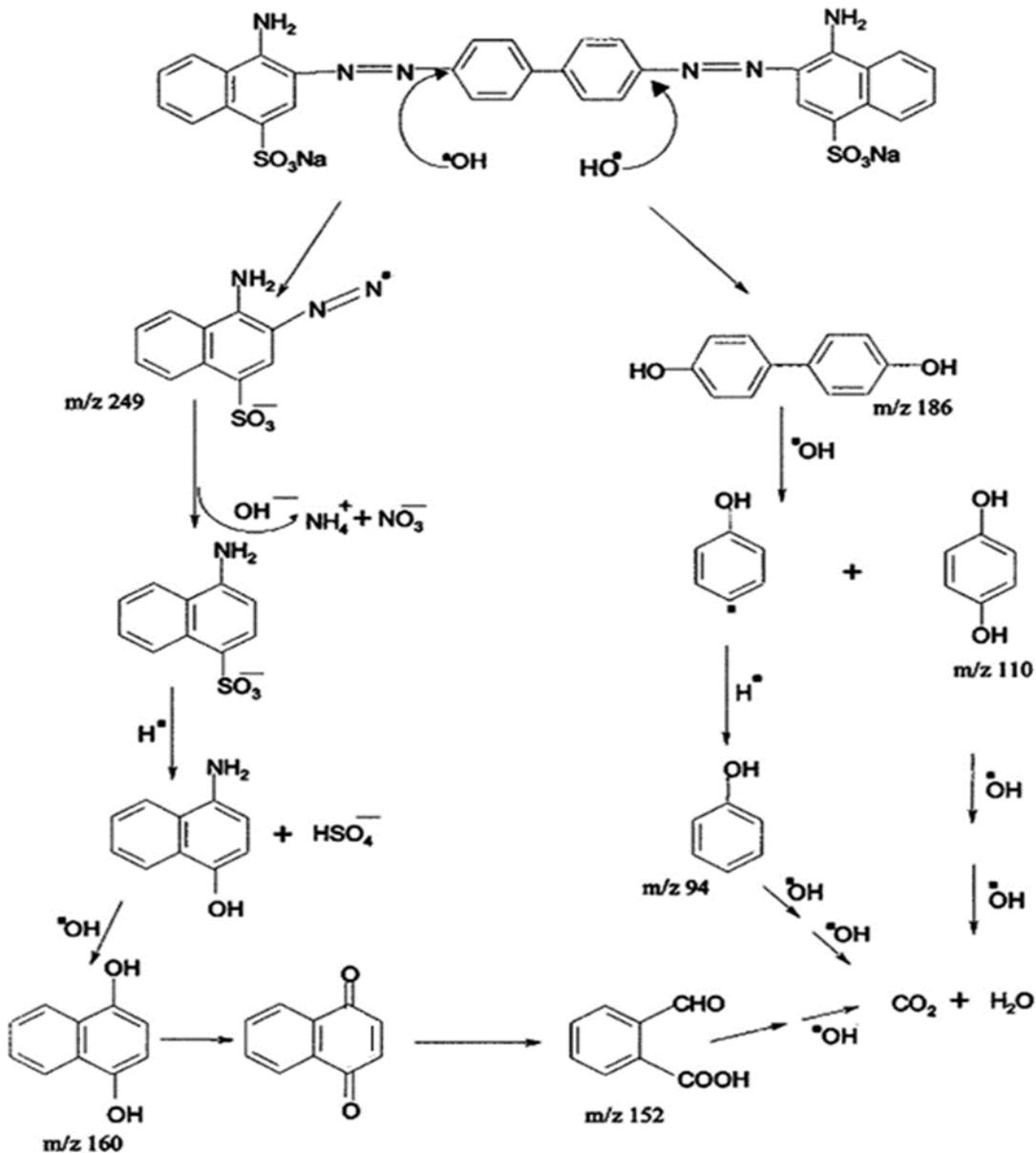
hidroksil ( $\bullet OH$ ). Pengaruh persentase degradasi *congo red* terhadap volume  $H_2O_2$  yang ditambahkan dapat dilihat pada Gambar 4 di bawah ini.



**Gambar 4.** Hubungan variasi  $H_2O_2$  dengan jumlah massa *congo red* yang terdegradasi secara fotokimia

Gambar 4 menunjukkan degradasi optimum *congo red* dengan  $TiO_2$  120 mg terjadi pada penambahan  $H_2O_2$  30% sebanyak 0,4 mL, yaitu sebesar 72,74%. Hal ini disebabkan hidrogen peroksida yang ditambahkan dapat mengikat elektron pada pita konduksi menghasilkan  $\bullet OH$ . Semakin

tinggi pembentukan radikal hidroksil, maka akan semakin besar pula kemampuan fotokatalis untuk mengoksidasi senyawa organik. Semakin banyaknya jumlah radikal OH yang dihasilkan, maka semakin banyak pula senyawa *congo red* yang terdegradasi.

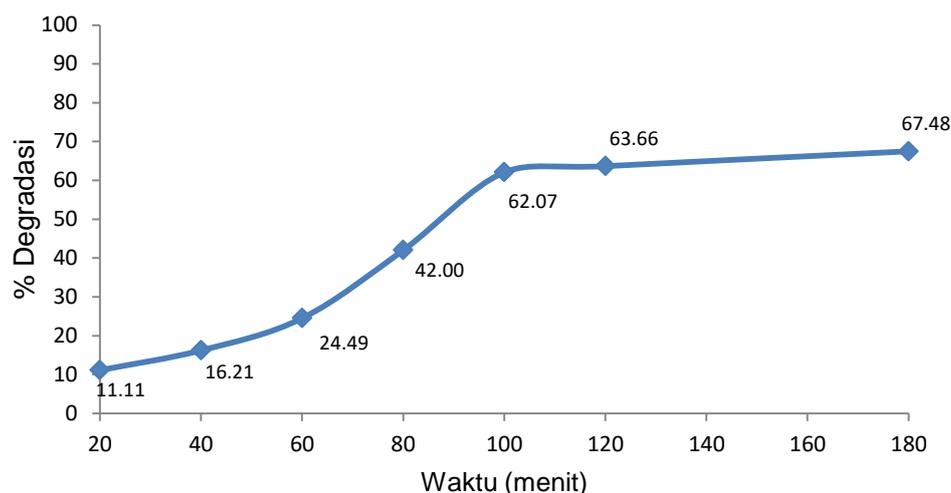


Gambar 5. Reaksi degradasi congo red (Devi dkk., 2009)

Gambar 5 menunjukkan reaksi pemutusan ikatan oleh radikal hidroksil yang dihasilkan dari proses fotokimia dengan semikonduktor  $\text{TiO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}_2$ , sehingga mampu mendegradasi congo red menjadi  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$ .

#### Penentuan Waktu Kontak Optimum dalam Mendegradasi *Congo Red*

Penentuan waktu kontak dilakukan untuk mengetahui waktu kontak optimum  $\text{TiO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}_2$  dalam mendegradasi congo red secara optimal.



Gambar 6. Hubungan variasi waktu kontak dengan jumlah *congo red* yang terdegradasi secara fotokimia

Gambar 6 menunjukkan persentase degradasi sebagai fungsi dari waktu kontak. Dari gambar tersebut, dapat dilihat bahwa pada proses fotokimia dengan menggunakan  $\text{TiO}_2$  120 mg dan  $\text{H}_2\text{O}_2$  0,4 mL dengan bantuan sinar UV, waktu optimum terhadap degradasi *congo red* adalah 100 menit, yakni sebesar 62,07%. Peningkatan tersebut terjadi karena radiasi sinar UV akan terus bertambah, sehingga foton yang mengenai  $\text{TiO}_2$  akan semakin banyak. Elektron dan *hole* memungkinkan terjadinya reaksi yang bersifat reduktif dan oksidatif antar material semikonduktor. Dalam pelarut air, oksigen terlarut bertindak sebagai elektron, sementara air bereaksi dengan *hole* membentuk radikal OH. *Hole* merupakan situs aktif yang reaktif bereaksi dengan pelarut ( $\text{H}_2\text{O}$ ) yang menghasilkan  $\cdot\text{OH}$  pada sistem pelarut yang bertindak sebagai senyawa yang akan mendegradasi *congo red* dengan cara pemutusan ikatan pada

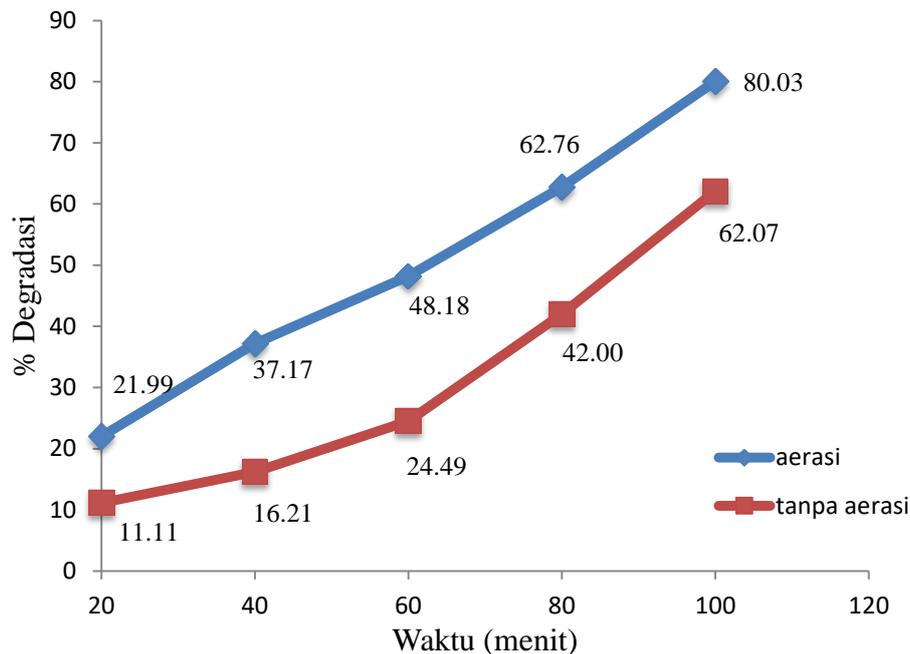
senyawa *congo red* menjadi gugus yang lebih sederhana. Semakin banyak foton yang terabsorpsi ke dalam sistem fotokatalis, maka semakin banyak  $\cdot\text{OH}$  yang dihasilkan untuk mendegradasi *congo red*. Dari menit ke 100 sampai menit ke 180, banyaknya *congo red* yang terdegradasi cenderung tetap atau konstan. Ini kemungkinan dikarenakan kemampuan fotokatalis untuk mendorong terjadinya eksitasi elektron ( $e^-$ ) dari pita valensi ke pita konduksi tidak bertambah sehingga  $\text{OH}\cdot$  tetap dan juga kemungkinan  $\text{OH}\cdot$  yang dihasilkan banyak digunakan untuk mendegradasi intermediet yang dihasilkan pada proses fotokatalis.

#### **Pengaruh Aerasi terhadap Degradasi Congo Red Secara Fotokimia**

Teknik aerasi adalah salah satu usaha pengolahan limbah cair dengan cara menambahkan oksigen ke dalam limbah cair tersebut. Tujuan proses aerasi adalah untuk meningkatkan degradasi *congo red* secara

fotokimia menggunakan  $\text{TiO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}_2$  dengan bantuan sinar UV. Pengaruh aerasi

terhadap degradasi *congo red* dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Pengaruh aerasi terhadap degradasi *congo red* secara fotokimia

Dengan adanya proses aerasi maka persen degradasi *congo red* meningkat yaitu sebesar 80,03% jika dibandingkan dengan perlakuan tanpa aerasi yang hanya sebesar 62,07%. Proses aerasi menghasilkan oksigen yang memiliki potensial oksidasi 0,8 V dan  $\text{H}_2\text{O}_2$  sebesar 2,8 V. Perbedaan nilai potensial ini dapat menjelaskan mengapa fotokimia dengan penambahan  $\text{H}_2\text{O}_2$  dan proses aerasi lebih baik, karena jumlah oksidator radikal hidroksil yang terbentuk selama reaksi lebih banyak. Jumlah  $\cdot\text{OH}$  yang dihasilkan menyebabkan semakin banyak pula senyawa *congo red* yang terdegradasi. Hal ini menunjukkan bahwa fotokimia yang disertai aerasi dapat meningkatkan persen degradasi pada *congo red*.

## KESIMPULAN

Rasio  $\text{TiO}_2$  optimum untuk mendegradasi 1 mg *congo red* secara fotokimia adalah sebesar 120 mg/100 mL dengan persentase degradasi sebesar 65,43%. Dosis  $\text{H}_2\text{O}_2$  optimum dalam mendegradasi 1 mg *congo red* secara fotokimia adalah sebesar 0,4 mL dengan persentase degradasi sebesar 72,74%. Waktu kontak optimum terhadap degradasi *congo red* secara fotokimia adalah 100 menit dengan persentase degradasi sebesar 62,07%. Aerasi meningkatkan degradasi *congo red* secara fotokimia secara cukup signifikan hingga 80,03%.

## DAFTAR PUSTAKA

- Daneshvar, N., M.J. Hejazi., B.Rangarany & A.R. Khatae. 2004. Photocatalytic Degradation of Anorganophosphorus Pesticide Phosalone in Aqueous Suspensions of Titanium Dioxide, *J. Environ. Sci. Health.* **2**(B39):285-296.
- Devi, L.G., S.G. Kumar & K.M. Reddy. 2009. Photo fenton like process  $Fe^{3+}/(NH_4)_2/S_2O_8/UV$  for the degradation of Di azo dye congo red using low iron concentration, *Cent. Eur. J. Chem.* **(7)** 468–477.
- Edahwati, L. & Suprihatin. 2010. Kombinasi Proses Aerasi, Adsorpsi, dan Filtrasi pada Pengolahan Air Limbah Industri Perikanan. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan.* **1**(2):79-83
- Hu, C., J.C. Yu., Z.Hao, & P.K.Wong. 2003. Effect of Acidity and Inorganic Ions on The Photocatalytic Degradation of Different Azo Dyes, *appl. Catal.B-Environ.* **46**(12):35-47.
- Jain, R., & Sikarwar, S. 2008. Photodestructions and COD removal of Toxic Dye Eriogluacine by  $TiO_2$ -UV Process : Influence of Operational Parameters, *Int. J.Phy. Sci.*, **3** (12) : 299-305
- Krisnasiwi, I.F. 2013. Penurunan Nilai COD Limbah Cair Industri Obat Berbahan Herbal dengan Metode Fotodegradasi Terkatalisis  $TiO_2$  dan Oksidasi Oleh Kaporit, *Tesis*, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- Listiono, M.R.P. 2014. *Pengaruh Penambahan  $H_2O_2$  terhadap Proses Fotodegradasi Terkatalisis  $TiO_2$  untuk Menurunkan Nilai COD Limbah Cair Industri Obat Herbal*. Tesis Departemen Kimia, Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Lucarelli, L., V. Nadochenko & J. Kiwi. 2000. Environmental Photochemistry : Quantitative Adsorption and FTIR Studies During The  $TiO_2$ -photocatalyzed Degradation of Orange II, *American Chemical Society.* **3**(16)1102-1108.
- Mukaromah, A.H. 2004. *Pengaruh Ion Fe (III) Terhadap Efektivitas Fotodegradasi p-Kloropenol Terkatalisis  $TiO_2$* . Tesis Program Studi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Prameswari, T. 2013. *Sintesis Membran Kitosan-Silika Abu Sekam Padi Untuk Dekolorasi Zat Warna Congo Red*, Skripsi, Universitas Negri Semarang, Semarang.
- Ramadhana, A.K.K., S. Wardhani, & D. Purwonugroho. 2013. Fotodegradasi Zat Warna Methyl Orange Menggunakan  $TiO_2$ -Zeolit dengan Penambahan Ion Persulfat. *Kimia Student Journal.* **1**(2):168-174.
- Syahputra, R.A 2016. Uji Degradasi Senyawa Organik Congo Red Menggunakan Elektroda Mn- $TiO_2/Ti$  Secara Fotokatalisis Di Bawah Radiasi Sinar Ultra Violet-Visible. *Skripsi*. Program Studi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia, Jakarta.
- Teng Ong, Siew., Sim Cheong, Wai and Tse Hung, Yung. 2012. Photodegradation of Commercial Dye, Methylene Blue Using Immobilized  $TiO_2$ . *International Conference on Chemical, Biological and Environmental Engineering*. Vol 43. (23).
- Wardhana, W. A., 2004, Dampak Pencemaran Lingkungan, Cetakan keempat, Penerbit ANDI , Yogyakarta
- Wijaya, K., E. Sugiharto., I. Fatimah., S. Sudiono., & D. Kurniaysih . 2006. Utilisasi  $TiO_2$ -Zeolit Dan Sinar Uv Untuk Fotodegradasi Zat Warna Congo Red. *TEKNOIN.* **11**(3) 199-209.
- Yadiana. 2011. Studi Degradasi Zat Warna Tekstil Congo Red Dengan Metode Fotokatalitik Menggunakan Suspensi  $TiO_2$ . *Skripsi*. Program Studi Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia, Jakarta.

Zhu, X.,Y. Chunwei, & C. Huilan. 2006. Photocatalytic Degradation of Pesticide Pyridaben in Surfactant/TiO<sub>2</sub> Aqueous Dispersions, *Environ. Sci. Technol.* 1(41)263-269.