

Perbandingan Pengaruh Lampu UV dan Sinar Matahari Pada Degradasi Zat Warna *Congo Red* Menggunakan Metode Fotolisis Dengan Bantuan Katalis TiO_2

Rofilian Julizen¹, Hary Sanjaya*²

^{1,2}Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang
Jln Prof. Dr. Hamka Air Tawar, Padang, Indonesia Telp. 0751 7057420

*hary.s@fmipa.unp.ac.id

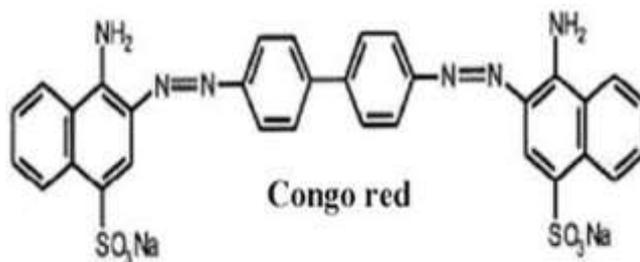
Abstract — Research conducted by photolysis method to degrade *Congo Red* dye produced from textile industry waste that has a negative impact on the environment using a TiO_2 catalyst aims to determine the optimal degradation percentage on the effect of exposure time and lamp power on *Congo Red* degradation. UV-Vis spectrophotometer measurement results obtained a wavelength of 497nm. The results showed that the percentage of degradation of the optimum radiation time was 92% at 180 minutes, and under the influence of UV lamp power the highest percentage of degradation was 95.21% at 20 watt UV lamp. This study shows that hydroxyl radical ($\cdot\text{OH}$) is the main controlling factor for the degradation of *Congo Red*.

Keywords — Degradation, *Congo Red*, TiO_2 catalyst, Photolysis

I. PENDAHULUAN

Salah satu jenis limbah industri tekstil adalah limbah cair, dan merupakan yang relatif banyak kita jumpai. Pada industri pencelupan, limbah tekstil yang dihasilkan dapat menyebabkan pencemaran lingkungan, hal itu karena intensitas warna yang tinggi dan kandungan bahan pencemar yang kompleks dari air limbah tersebut. Banyak dari berbagai jenis bahan pewarna berdampak secara mutagenik dan karsinogenik terhadap kehidupan manusia dan perairan karena merupakan racun [1].

Zat warna tekstil yang cukup banyak digunakan salah satu contohnya adalah *Congo Red*. *Congo Red* memiliki sifat racun yang cukup tinggi, terutama yang hidup di perairan maupun tidak. Zat warna ini apabila menggumpal dalam organisme bias mengakibatkan difungsi hati, ginjal dan gangguan saraf [2].



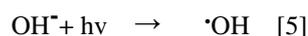
Gambar 1. Struktur kimia molekul *Congo Red*

Congo Red merupakan senyawa dengan rumus $\text{C}_{32}\text{H}_{22}\text{N}_6\text{Na}_2\text{O}_6\text{S}_2$. Ini juga merupakan jenis pewarna Azo, yang umumnya memiliki gugus hidroksiamina dan gugus amino tersubstitusi. Natrium benzendindiazo - bis - 1 - naftilamin - 4 - sulfonat merupakan nama IUPAC dari zat warna *Congo Red*. *Congo Red* berwarna merah apabila terlarut dalam air. Puncak spectra *Congo Red* sekitar 498nm. Beberapa dampak berbahaya yang dari zat warna *Congo Red* dapat menyebabkan alergi seperti anaphylactic shock bahkan kanker terhadap makhluk hidup [3].

Fotolisis merupakan proses menggunakan cahaya dan katalis untuk mendegradasi senyawa. Ketika material fotolitik disinari dengan cahaya, bahan tersebut menyerap energi foton, menyebabkan reaksi kimia dan terjadinya kompleks logam dan katalis [4].

Reaksi fotolisis biasanya digunakan untuk reaksi degradasi polutan dalam media cair maupun gas karena menghasilkan produk berupa ion atau radikal.

Reaksi yang terjadi pada fotolisis yaitu :



TiO_2 adalah semikonduktor yang telah lama digunakan dalam proses fotokatalitik karena fotoaktivasi dan stabilitas kimianya yang tinggi dalam kondisinya yang keras. Senyawa ini tidak beracun, harganya relatif murah, dapat mereduksi ion logam dalam larutan dan mengoksidasi polutan organik [6].

TiO₂ memiliki 3 fase yaitu anatase, rutil dan broklit. Namun dalam proses fotokatalitik hanya anatase dan rutil saja yang mempunyai peran yang penting karena perbedaannya hanya pada massa jenis, luas permukaan dan sisi aktifnya. Jika lingkungan atau susunan atom Ti dan O pada Kristal TiO₂ berbeda maka akan menyebabkan perbedaan bandgap, misal pada rutil adalah 3,0 eV dan pada anatase adalah 3,2 eV [7]. Pada penelitian ini pendegradasian zat warna *Congo Red* secara fotolisis di bantu dengan TiO₂ sebagai katalis.

II. METODE PENELITIAN

A. Alat

Penelitian ini menggunakan peralatan yaitu kotak fotolisis yang di rangkai dengan 4 buah lampu UV didalamnya dimana 4 lampu UV ini dengan watt yang berbeda yaitu 8 watt, 10 watt, 15 watt dan 20 watt, Neraca Analitik, spektrofotometer UV-Vis dan FTIR. Peralatan lainnya : labu ukur, gelas kimia, gelas ukur, erlenmeyer, dan alat standar lainnya.

B. Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian yang akan dilakukan ini adalah bubuk zat warna *Congo Red*, Katalis TiO₂, dan Aquades.

C. Prosedur Penelitian

1. Membuat Larutan Zat Warna *Congo Red*

Congo Red dalam bentuk bubuk ditimbang sebanyak 0,2 gram lalu dilarutkan dalam labu ukur 1000 ml dengan aquades. Didapatkan larutan *Congo Red* dengan konsentrasi 200 ppm sebagai larutan induk. Larutan induk dipipet sebanyak 50 ml lalu diencerkan dalam labu 1000 ml dengan aquades untuk memperoleh larutan *Congo Red* dengan konsentrasi 10 ppm [9].

2. Menentukan λ_{maks} *Congo Red* dengan Spektrofotometri UV-VIS

Zat warna *Congo Red* sebelum didegradasi dilakukan pengukuran menggunakan spektrofotometer UV-Vis dengan panjang gelombang maksimum (λ_{maks}) pada rentang panjang gelombang 400-800 nm.

3. Degradasi Larutan *Congo Red* dengan Variasi Waktu secara Fotolisis

Larutan sampel 10 ppm sebanyak 80 ml masukkan dalam gelas kimia 100 ml, kemudian tambah TiO₂ sebanyak 0,1 gram, lalu masukkan sampel dalam kotak photoreactor dengan penyinaran lampu UV 15 watt selama 30 menit. Lakukan prosedur yang sama pada waktu waktu 60, 90, 120, 150, 180, 210 menit. Kemudian ukur absorbansi pada larutan menggunakan Spektrofotometer UV-Vis.

4. Degradasi Larutan *Congo Red* dengan Variasi Daya Lampu secara Fotolisis.

Proses degradasi zat warna *Congo Red* dilakukan dengan konsentrasi awal 10ppm dengan menetapkan waktu radiasi selama waktu optimum yang didapatkan dan divariasikan daya lampu UV pada daya 8 watt, 10 watt, 15 watt, dan 20 watt. Preparasi sampel degradasi ini dilakukan dengan menambahkan 0,1 gram katalis TiO₂ ke dalam 80 ml larutan *Congo Red* 10 ppm dalam gelas kimia 100 ml, dimasukkan ke dalam photoreactor dengan variasi daya lampu yang ditentukan. Kemudian ukur absorbansi pada larutan menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

5. Degradasi Larutan *Congo Red* dengan Menggunakan Sinar Matahari sebagai Sumber Matahari

Larutan sampel 10 ppm sebanyak 80 ml masukkan dalam gelas kimia 100 ml, kemudian tambah TiO₂ sebanyak 0,1 gram, kemudian sampel disinari cahaya matahari dengan waktu optimum yang diperoleh dari variasi waktu.

Persentase degradasi (%D) dapat dihitung dengan persamaan:

$$\% D = \frac{A_0 - A_t}{A_0} \times 100 \% \quad [9]$$

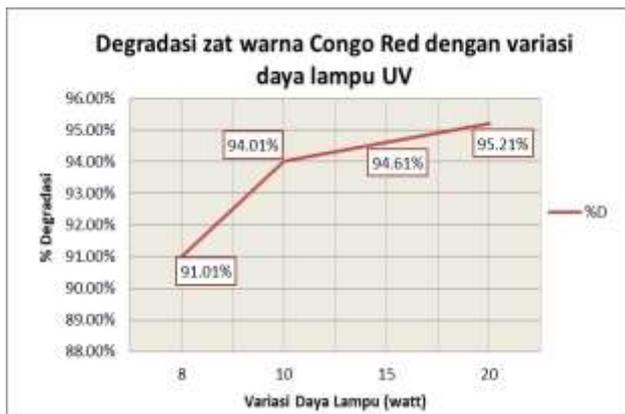
Yang mana, A₀ (cm⁻¹) : absorbansi mula-mula, A_t (cm⁻¹) : absorbansi pada waktu.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Degradasi *Congo Red* Dengan Variasi Lampu UV

Pengaruh variasi daya lampu UV terhadap proses degradasi *Congo Red* dilakukan dengan cara memvariasikan daya lampu UV yaitu pada lampu UV 8 watt, 10 watt, 15 watt dan 20 watt. Berdasarkan hasil pengukuran absorbansi degradasi *Congo Red* dapat dilihat bahwa nilai absorbansi degradasi *Congo Red* setelah didegradasi didapatkan nilai absorbansi terkecil pada variasi daya lampu UV dengan daya 20 watt.

Setelah dilakukan pengukuran terhadap nilai absorbansi degradasi *Congo Red* kemudian digunakan persamaan persen degradasi untuk mendapatkan nilai persen degradasinya. Dengan variasi daya lampu UV didapatkan persentase degradasi terendah adalah 91,01% pada daya lampu UV 8 watt dan persentase tertinggi adalah 95,21% pada daya lampu UV 20 watt. kurva pengaruh daya lampu UV terhadap degradasi *Congo Red* dapat dilihat pada gambar 2.



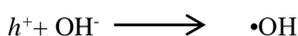
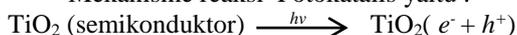
Gambar 2. Grafik pengaruh variasi daya lampu UV radiasi terhadap degradasi Congo Red menggunakan katalis TiO₂ secara fotolisis.

Hasil degradasi didapatkan pada gambar 2 adalah 91,01% pada daya lampu UV 8 watt, 94,01% pada daya 10 watt, 94,61% pada daya 15 watt dan 95,21% pada daya 20 watt.

Hubungan yang didapatkan antara daya lampu dengan hasil degradasi adalah sebanding, artinya semakin tinggi daya lampu yang digunakan maka semakin tinggi pula persentase degradasi yang didapatkan. Penyebab dari hal ini karena semakin besar daya lampu yang digunakan maka nilai intensitas radiasi yang diterima larutan zat warna juga semakin besar. Semakin besar intensitas yang diberikan maka energi fotonnya juga semakin besar. Energi foton akan bereaksi dengan nilai material fotokatalis yang menghasilkan radikal hidroksil. Terbentuknya radikal hidroksil bergantung pada besarnya energi foton yang diterima, dimana radikal hidroksil dalam proses fotokatalisis ini mempunyai peran yang sangat penting dalam menguraikan senyawa organik [8].

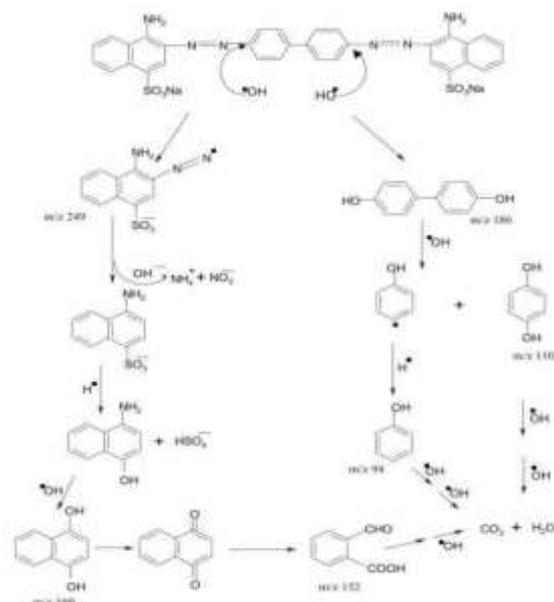
Tingginya persen degradasi yang didapatkan menandakan bahwa telah terjadinya kontak antara molekul dengan zat warna adanya katalis sehingga dapat menimbulkan moleku dari zat warna dapat terdegradasi oleh radikal hidroksil yang dihasilkan dari proses fotolisis. Pada proses fotokatalitik terjadi, air dan radiasi sinar UV/Visible yang dapat berinteraksi antar molekul [9].

Mekanisme reaksi Fotokatalis yaitu :



Pada nanokomposit TiO₂ disinari UV yang nilainya sama atau lebih dari band gap semikonduktor dibentuk

antara elektron dan hole di permukaannya. Hole akan kekosongan elektron akibat eksitasi dari pita valensi ke pita konduksi. Hole ini adalah oksidator kuat bisa mengoksidasi air H₂O. Reaksi pada hole dengan H₂O, atom H⁺ yang memiliki biloks +1 yang mengalami reduksi saat pembentukan •OH yang biloksnya 0. Sedangkan ketika molekul H₂O mengalami oksidasi biloks 0 ke +1. Selanjutnya hole akan bereaksi dengan molekul OH⁻ dan terjadi pelepasan elektron membentuk •OH. Pada permukaan katalis, elektron akan menginisiasi reaksi reduksi. Elektron berinteraksi pada oksigen yang mempunyai keelektronegatifan yang tinggi nantinya akan membentuk anion superoksida radikal (•O₂) yang dapat disebut spesi pengoksidasi yang kuat [10].



Gambar 3. Reaksi fotolisis Congo Red.

Mekanisme melibatkan terjadinya pembentukan radikal hidroksil yang berasal dari oksidasi •OH atau H₂O oleh lubang yang mengalami fotogenerasi atau fotogenerasi dapat mengoksidasi •OH atau H₂O menjadi radikal hidroksil. Radikal hidroksil menyerang cincin benzen Congo Red yang menghasilkan hasil akhir berupa CO₂ dan H₂O [11]

Berdasarkan pengukuran absorbansi didapatkan persen degradasi larutan zat warna Congo Red dengan sinar matahari sebagai sumber radiasi sebesar 60,47%, dimana hasil persen degradasi yang didapatkan lebih kecil disbanding dari persen degradasi tertinggi pada variasi lampu UV sebesar 95,21% yang dilakukan dengan lama waktu yang sama selama 180 menit. Perbandingan dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Grafik perbandingan % Degradasi Congo Red.

Dapat dilihat pada gambar 4 degradasi zat warna Congo Red dengan katalis TiO₂ hasil yang didapatkan dari perbandingan persen degradasi zat warna Congo Red dengan sinar matahari tidak seoptimal dari degradasi yang dilakukan dengan menggunakan lampu UV. Faktor lain yang menyebabkan terjadinya penurunan degradasi zat warna Congo Red dengan sinar matahari dari lampu UV adalah karena perbedaan suhu dan intensitas sinar matahari dari lampu UV adalah karena perbedaan suhu dan intensitas sinar matahari saat dilakukannya proses fotodegradasi, oleh karena itu, jumlah radikal •OH yang dihasilkan setiap kali berbeda. Kondisi musim, letak geografis, dan posisi awan juga dapat mempengaruhi perbedaan intensitas sinar matahari yang sampai ke bumi. Namun dari hasil penelitian ini terlihat bahwa degradasi zat warna Congo Red dengan sinar matahari cukup efektif untuk digunakan dalam fotodegradasi Congo Red menghasilkan persen degradasi di atas 50% [12]

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Terdegradasi zat warna Congo Red menggunakan katalis TiO₂ dengan metode fotolisis pada variasi lampu UV didapatkan lampu UV optimum dengan daya 20 watt dengan persen degradasi sebesar 95,21%
- 2) Terdegradasi zat warna Congo Red menggunakan katalis TiO₂ dengan metode fotolisis dengan sinar matahari sebagai sumber radiasi dapat dilakukan dengan kondisi penyinaran yang bertingkat dengan kondisi lingkungan pengukuran dan nilai intensitas radiasi yang lebih spesifik sehingga dapat mencapai kondisi degradasi yang lebih optimum.
- 3) Perbandingan degradasi zat warna Congo Red menggunakan katalis TiO₂ dengan metode fotolisis dengan sinar matahari dan lampu UV didapatkan hasil persen degradasi dengan sinar matahari sebesar 60,47% dan lampu UV sebesar 95,21% dimana persen degradasi lampu UV lebih baik dibandingkan dengan sinar matahari karena kondisi musim, letak geografis dan posisi awan yang dapat mempengaruhi

perbedaan suhu dan intensitas sinar matahari yang sampai ke bumi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Atas terlaksananya penelitian ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Hary Sanjaya, S.Si., M.Si atas bimbingan dan masukannya sebagai pembimbing serta telah memberikan kesempatan kepada saya untuk melakukan penelitian ini. Selain itu, saya mengucapkan terima kasih kepada staf akademik dan non-akademik di Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang dan semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian penelitian ini.

REFERENSI

- [1] S. Rodríguez Couto, "Dye removal by immobilised fungi," *Biotechnol. Adv.*, vol. 27, no. 3, pp. 227–235, 2009, doi: 10.1016/j.biotechadv.2008.12.001.
- [2] I. Saraswati, N. Diantariani, and P. Suarya, "Fotodegradasi Zat Warna Tekstil Congo Red Dengan Fotokatalis ZnO-Arang Aktif Dan Sinar Ultraviolet (Uv)," *J. Kim.*, vol. 9, no. 2, pp. 175–182, 2015, doi: 10.24843/JCHEM.2015.v09.i02.p06.
- [3] O'Neil, Maryadele J. 2001. The Merck Index 13th edition. New York. Merck & Co. Inc.
- [4] B. G. Bhernama1*) and D. S. , Prof. Safni1), "DEGRADASI ZAT WARNA METANIL YELLOW SECARA FOTOLISIS DAN PENYINARAN MATAHARI DENGANPENAMBAHAN KATALIS TiO₂ -anatase dan SnO₂," vol. 1, no. 1, pp. 49–62.
- [5] C. G. Joseph, G. Li Puma, A. Bono, Y. H. Taufiq-Yap, and D. Krishnaiah, "Sonolysis, Photolysis, and Sequential Sonophotolysis for the Degradation of 2,4,6-Trichlorophenol: The Effect of Solution Concentration," *Chem. Eng. Commun.*, vol. 202, no. 8, pp. 1061–1068, 2015, doi: 10.1080/00986445.2014.901221.
- [6] A. A. Qodri, "Fotodegradasi Zat Warna Remazol Yellow FG dengan Fotokatalis Komposit TiO₂/SiO₂," *Skripsi Univ. Sebel. Maret*, vol. SK, 2011.
- [7] R. Triandi and J. Gunlazuardi, "Preparasi Lapisan Tipis TiO₂ sebagai Fotokatalis : Keterkaitan antara Ketebalan dan Aktivitas Fotokatalisis," *J. Penelit. Univ. Indones.*, vol. 5, pp. 81–90, 2001.
- [8] Ryer, A. (1998). Light Measurement Handbook. International Light Inc.
- [9] H. Sanjaya, "DEGRADASI METIL VIOLET MENGGUNAKAN KATALIS ZnO-TiO₂ SECARA FOTOSONOLISIS," *EKSAKTA Berk. Ilm. Bid. MIPA*, vol. 19, no. 1, pp. 91–99, 2018, doi: 10.24036/eksakta/vol19-iss1/131.
- [10] R. Ali and O. O. I. B. Siew, "PHOTODEGRADATION OF NEW METHYLENE BLUE N IN AQUEOUS SOLUTION USING ZINC OXIDE AND TITANIUM DIOXIDE AS CATALYST TThe textile industry produces large quantities of highly coloured effluents . These aqueous effluents are generally toxic and resistant to dest," vol. 45, pp. 31–41, 2007.
- [11] R. Comparelli, P. D. Cozzoli, M. L. Curri, A. Agostiano, G. Mascolo, and G. Lovecchio, "Photocatalytic degradation of methylred by immobilised nanoparticles of TiO₂ and ZnO," *Water Sci. Technol.*, vol. 49, no. 4, pp. 183–188, 2004, doi: 10.2166/wst.2004.0257.
- [12] Y. D. Lestari, S. Wardhani, and M. M. Khunur, "DEGRADASI METHYLENE BLUE MENGGUNAKAN FOTOKATALIS TiO₂-N/ZEOKIT DENGAN SINAR MATAHARI," *Am. J. Ther.*, vol. 10, no. 4, pp. 289–291, 2015.