

Degradasi Zat Warna *Methylene Blue* dengan Metode Fotofenton Menggunakan Katalis nano-Fe⁰@CS

Rahman Fikri¹, Panca Setia Utama², Edy Saputra²

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Kimia, ²Dosen Jurusan Teknik Kimia
Laboratorium Pemisahan dan Pemurnian
Program Studi Teknik Kimia S1, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Binawidya Jl. HR. Subrantas Km 12,5 Pekanbaru 28293
rahman.fikri@student.unri.ac.id

ABSTRACT

In this study, nano-Fe⁰@CS were synthesized by hydrothermal method. Studied Methylene Blue (MB) degradation process and find the best composition of the degradation process. Catalytic performance of nano-Fe⁰@CS was tested in Phenton process for MB degradation in aqueous solution with H₂O₂ 3%, and MB concentration variant. The best process conditions was observed by 99.99% removal of 30 ppm MB within 90 min with added 0.3 g/l nano-Fe⁰@CS and 2 ml H₂O₂ 3% in 250 ml solution.

Keywords: Degradation, Methylene Blue, nano-Fe⁰@CS, Phenton Process

1. Pendahuluan

Peningkatan kebutuhan masyarakat terhadap pakaian menyebabkan meningkatnya jumlah pabrik yang bergerak di bidang industri tekstil. Perkembangan jumlah industri tekstil ini sangat pesat. Ditinjau dari data Kementerian Perindustrian tentang jumlah pabrik tekstil di Indonesia, setidaknya terdaftar sebanyak lebih dari 25000 perusahaan tekstil dengan berbagai komoditi (Kementerian Perindustrian, 2018). Pelaku industri tekstil skala menengah ke bawah masih banyak yang tidak terdaftar di Kementerian Perindustrian. Banyaknya pelaku industri ini juga akan diiringi dengan pencemaran lingkungan yang semakin meningkat. Industri tekstil menjadi salah satu penyebab pencemaran lingkungan yang berasal dari zat warna yang digunakan pada proses pencelupan tekstil. Selain pencemaran lingkungan, limbah industri tekstil juga berbahaya bagi makhluk hidup yang terpapar (Jain dkk., 2003).

Limbah zat warna yang dihasilkan oleh industri tekstil ini merupakan senyawa organik non-biodegradable yang dapat menyebabkan pencemaran terutama pada lingkungan perairan. Limbah cair tersebut merupakan sisa proses pencelupan kain ke dalam zat warna. Limbah cair yang langsung dibuang ke lingkungan ini akan merusak biota air yang terdapat di dalam badan air yang akan mempengaruhi intensitas cahaya matahari yang masuk kedalam air sehingga mempengaruhi proses fotosintesis yang memiliki kontribusi besar pada kehidupan biota air. Untuk itulah diperlukan suatu penanganan limbah yang tepat. Proses pengolahan limbah industri tekstil yang telah dilakukan baik secara biologi, fisika, maupun kimia yang sering digunakan dirasa masih kurang efektif (Wijaya, 2006).

Salah satu alternatif pengolahan limbah tekstil adalah dengan menggunakan prinsip fotofenton (Vorontsov, 2018). Fotofenton merupakan kombinasi antara proses fotokimia dan katalis dengan penambahan H₂O₂ yang menghasilkan

radikal hidroksil (OH•) yang dapat mendegradasi polutan organik berbahaya (Sakti dkk, 2013). Implementasi reaksi Fenton untuk pengolahan air dengan desain katalis heterogen yang sangat aktif mampu melakukan degradasi dalam waktu yang singkat. Fotofenton dipilih karena aplikasi yang praktis, disebabkan oleh stabilitas katalis yang lebih tinggi (Vorontsov, 2018).

Penghilangan polutan air merupakan tahap yang sangat penting bagi produksi industri kimia. Pengolahan air yang digunakan secara konvensional memiliki penerapan yang terbatas karena kebanyakan polutan merupakan biosida yang kuat. Dibandingkan dengan teknologi oksidasi lainnya seperti fotolisis yang dikombinasikan dengan oksidan kuat, reaksi Fenton dan fotofenton memberikan keuntungan yang signifikan. Biaya yang dikeluarkan akan berkurang karena penggunaan H₂O₂ yang murah. Radiasi matahari dapat dimanfaatkan untuk melakukan tahapan fotokimia pada reaksi fotofenton sehingga degradasi senyawa organik dapat dilakukan dalam waktu yang singkat (Wang dan Xu, 2012).

1.1 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *autoclave teflon line*, neraca analitik, *hot plate*, *magnetic stirrer*, oven, corong kaca, cawan porselin, *furnace turbular*, spatula, gelas piala, statif dan klem, pH meter, *Mercury Lamp 250 W*, botol sampel, serta pipet tetes.

Sedangkan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah FeCl₃.6H₂O dari Sigma Aldrich, FeCl₂.4H₂O dari Sigma Aldrich, amonia dari Brataco, madu sebagai sumber karbon, melamin dari Sigma Aldrich, H₂O₂ 3% dari Brataco, serta limbah tekstil artifisial yang dibuat dengan melarutkan *methylene blue* dengan *aqua DM*.

1.2 Variabel penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari variabel tetap dan variabel bebas. Variabel tetap pada penelitian ini yaitu volume MB 250 ml, penambahan katalis 0,3 g/l, penambahan 2 ml H₂O₂ 3%, dan kecepatan pengadukan 350 rpm. Sedangkan variabel bebas pada penelitian ini adalah konsentrasi MB 30 ppm, 40 ppm, 50 ppm, dan 70 ppm.

1.3 Prosedur Penelitian

Tahapan-tahapan pada penelitian ini antara lain studi literatur, persiapan alat dan bahan, pembuatan limbah tekstil artifisial, sintesis katalis, proses fotofenton dan analisa hasil fotofenton serta penyusunan laporan hasil penelitian.

1.3.1 Pembuatan Limbah Tekstil Artifisial

Zat warna yang digunakan adalah zat warna yang banyak digunakan pada industri tekstil, *methylene blue*, yang dibuat dengan cara melarutkan 1 g *methylene blue* hingga volume 1000 ml, kemudian diencerkan menjadi larutan stok 30 ppm, 40 ppm, 50 ppm dan 70 ppm.

1.3.2 Sintesis katalis Nano-Fe⁰@CS

Pembuatan katalis nano-Fe⁰@CS dilakukan dengan metode hidrotermal. Sebanyak 2,52 g (0,02 mol) melamin dan 7,24 g (0,02 mol) madu dilarutkan dalam 50 ml akuades. Selanjutnya 5,41 g (0,02 mol) FeCl₃.6H₂O dan 2,01 g (0,01 mol) FeCl₂.4H₂O dilarutkan dalam larutan madu dan melamin, diaduk selama 1 jam dengan kecepatan pengadukan 250 rpm. Selama pengadukan berlangsung, larutan dialirkan gas nitrogen dengan laju alir 40 ml/menit dan ditambahkan amonia 97% hingga pH larutan mencapai 10. Setelah pengadukan, larutan dimasukkan ke dalam

teflon autoclave dan dipanaskan selama 18 jam pada suhu 180°C. *Autoclave* didinginkan hingga mencapai suhu ruang, saring endapan hitam lalu dicuci menggunakan etanol dan air. Kemudian endapan dikeringkan pada suhu 80°C selama 5 jam. Sampel yang kering selanjutnya dipanaskan di dalam *furnace tubular* pada suhu 550°C selama 4 jam (Wang, 2015).

1.3.3 Uji Aktivitas Fotofenton

Degradasi zat warna ini dilakukan dengan variasi konsentrasi awal *methylene blue* 30 ppm, 40 ppm, 50 ppm dan 70 ppm. Proses degradasi dilakukan dibawah penerangan *visible light Hg lamp* selama 90 menit dengan interval pengambilan sampel pada menit ke 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 50, 70 dan 90.

2. Hasil dan Pembahasan

Variasi penelitian yang dilakukan ini adalah variasi konsentrasi awal MB. Pada proses ini, katalis yang digunakan adalah 0,3 g/l Fe⁰@CS pada 250 ml larutan MB 30 ppm, 40 ppm, 50 ppm dan 70 ppm dengan penambahan 2 ml H₂O₂ 3%. Hasil terbaik diperoleh saat mengurai MB pada konsentrasi 30 ppm, yaitu sebanyak 99,99%.

Tabel 2.1 Pengaruh variasi konsentrasi awal MB terhadap degradasi MB

Konsentrasi MB	Efisiensi
30 ppm	99,99 %
40 ppm	92,53 %
50 ppm	85,97 %
70 ppm	74,31 %

Pada Tabel 2.1 terlihat bahwa konsentrasi awal MB akan mempengaruhi laju degradasi. Semakin tinggi konsentrasi MB maka jumlah absorbat dalam larutan akan meningkat. Pada konsntrasi 30 ppm,

efisiensi degradasi yang diperoleh sebesar 99,95%. Sedangkan pada konsentrasi yang lebih besar, seperti 70 ppm, katalis hanya mampu mendegradasi sebanyak 74,31% MB.

Banyaknya absorbat dalam larutan dengan konsentrasi yang tinggi menyebabkan meningkatnya molekul MB di permukaan katalis dan mempengaruhi pembentukan hidroksil radikal (OH•) pada katalis akan menurun, karena permukaan katalis tertutupi oleh banyaknya molekul MB (Chitambararaj dkk, 2013). Peningkatan konsentrasi MB akan menghambat intensitas cahaya yang akan diserap oleh katalis (Nasikin, 2010). Sebagai asumsi awal, upaya untuk meningkatkan efisiensi degradasi dapat dilakukan dengan cara meningkatkan kuantitas katalis agar semakin banyak radikal OH yang terbentuk.

3. Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat pada penelitian ini adalah sintesis katalis Fe⁰@CS telah berhasil dilakukan dengan menggunakan metode hidrotermal pada temperatur 180°C selama 18 jam. Performa terbaik katalis nano-Fe⁰@CS yang disintesis mampu mendegradasi sebanyak 99,99% dari 250 ml methylene blue 30 ppm dengan konsentrasi katalis 0,3 g/l dan penambahan 2 ml H₂O₂ 3% dengan menggunakan metode fotofenton.

4. Saran

Diharapkan adanya pengembangan penelitian lebih lanjut terhadap sintesis katalis Fe⁰@CS dengan metode sintesis dan penggunaan doping logam yang berbeda. Diharapkan adanya pengembangan penelitian lebih lanjut terkait jumlah limbah yang lebih kompleks menggunakan dua, tiga atau lebih zat warna sekaligus untuk didegradasi oleh

fotokatalis Fe⁰@CS guna mendapatkan hasil kinerja degradasi yang lebih baik. Diharapkan adanya pengembangan penelitian lebih lanjut terkait aplikasi katalis Fe⁰@CS selain sebagai fotokatalis.

Daftar pustaka

Chitambararaj, A., Sanjini, N.S., Bose, A.C., Velmathi, S. 2013. *Flower-like Hierarchical h-MoO₃: New Findings of Efficient Visible Light Driven Nano Photocatalyst for Methylene Blue Degradation*. Catalysis Science & Technology, 3, 1405-1414.

Jain, R., Bhargava, M., Sharma, N. 2003. *Electrochemical Studies on a Pharmaceutical Azo Dye: Tartrazine*. Industrial and Engineering Chemistry Research, 42, 243-247.

Kementerian Perindustrian Republik Indonesia. 2018. *Analisis Perkembangan Industri, Edisi II*. Jakarta: Pusat Data dan Informasi Kementerian Perindustrian.

Nasikin, M. dan Susanto, B.H. 2010. *Katalisis Heterogen*. Depok: Universitas Indonesia Press.

Sakti, R. B., Subagio, A. dan Sutanto. 2013. *Sintesis Lapisan Tipis Nanokomposit TiO₂/CNT Menggunakan Metoda Sol-Gel dan Aplikasinya untuk Fotodegradasi Zat Warna Azo Orange 3r*. Youngster Physics Journal, Vol 1(3), 41-48.

Vorontsov, A.V. 2018. *Advancing Fenton and photo-Fenton Water Treatment Through the Catalyst Design*. Altai State University. Russia.

Wang, J.L. Xu, L.J. 2012. *Advanced Oxidation Processes for Wastewater Treatment: Formation of Hydroxyl Radical and Application*. Critical

Review Environmental Science Technology, 42, 251–325.

Wang, Y., Sun, H., Duan, X., Ang, A.M., Tadé, M.O. Wang, S. 2015. *A New Magnetic Nano Zero-Valent Iron Encapsulated in Carbonspheres for Oxidative Degradation of Phenol*. CRC CARE. Curtin University.

Wijaya, K. 2006. *Utilisasi TiO₂-Zeolit dan Sinar UV untuk Fotodegradasi Zat Warna*. Congo Red. TEKNOIN, Vol. 11, No.3. 199-209.