



SEMINAR NASIONAL KIMIA DAN PENDIDIKAN KIMIA VI

"Pemantapan Riset Kimia dan Asesmen Dalam Pembelajaran
Berbasis Pendekatan Saintifik"

Program Studi Pendidikan Kimia Jurusan PMIPA FKIP UNS
Surakarta, 21 Juni 2014



MAKALAH
PENDAMPING

KIMIA LINGKUNGAN

ISBN : 979363174-0

APLIKASI METODE ADVANCED OXIDATION PROCESSES UNTUK MENURUNKAN KADAR METHYL ORANGE

Dian Windy Dwiasi^{1,*}, Tien Setyaningtyas², Kapti Riyani³, dan Ari Sutrisno⁴

^{1,2,3,4} Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Jenderal Soedirman,
Purwokerto, Indonesia

* Keperluan korespondensi, email : mbawindy@yahoo.com

ABSTRAK

Zat warna sintesis saat ini telah banyak digunakan oleh industri-industri terutama industri batik. Sebagian besar industri batik merupakan industri kecil dan industri rumah tangga yang belum mempunyai pengolahan limbah, sehingga air limbahnya langsung di buang ke selokan atau sungai. Keadaan telah menyebabkan pencemaran lingkungan dan sangat berpengaruh pada semakin minimnya ketersediaan akan air bersih. Teknologi *Advanced Oxidation Processes* (AOP) saat ini sedang dikembangkan dalam proses pengolahan limbah cair batik. Teknologi ini merupakan teknologi alternatif pengolahan limbah cair batik yang praktis, aman, tidak membutuhkan banyak biaya dan ramah lingkungan. Pada penelitian ini telah dilakukan pengembangan metode AOP dengan kombinasi $\text{FeSO}_4/\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV}$ untuk menurunkan zat warna methyl orange yang umum digunakan di industri batik. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan kondisi optimum sistem AOP untuk mendegradasi zat warna methyl orange. Dari hasil penelitian diperoleh kondisi optimum untuk penurunan kadar methyl orange yaitu pada penambahan H_2O_2 sebanyak 50 ppm dan FeSO_4 sebanyak 150 mg dengan waktu 120 menit. Pada kondisi optimum tersebut diperoleh persentase penurunan methyl orange sebesar 99,33%.

Kata Kunci: AOP, degradasi, zat warna, FeSO_4 , H_2O_2 , UV

PENDAHULUAN

Teknologi *Advanced Oxidation Processes*
(AOP) merupakan teknologi alternatif

pengolahan limbah cair yang cukup ekonomis
karena mampu menghemat tempat dan energi,
biaya investasi murah, aman, sederhana,



proses pengolahannya cepat dan cukup efektif [1]. Kelebihan metode ini adalah dapat mendegradasi/menguraikan senyawa-senyawa berbahaya yang bersifat *non-biodegradable* dalam limbah melalui proses oksidasi [2].

Sistem AOP dengan berbagai kombinasinya banyak diterapkan pada pengolahan limbah cair tekstil karena mampu mendegradasi zat warna dan kontaminan lain yang terkandung didalamnya [3-4]. Teknologi AOP yang telah banyak diterapkan ini masih menggunakan sumber energi dari sinar UV saja dan belum menjelaskan produk akhir hasil degradasi yang terbentuk. Teknologi ini juga belum pernah diterapkan pada limbah cair batik yang banyak terdapat di sentra-sentra pengrajin batik di Banyumas. Dengan demikian, perlu dikembangkan teknologi AOP yang cocok untuk diterapkan pada limbah batik di Indonesia.

Pada penelitian ini dilakukan degradasi zat warna limbah cair batik dengan menggunakan variasi kombinasi sistem AOP yaitu $\text{FeSO}_4/\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV}$. Kristianingsih (2005) [5] melakukan studi degradasi zat warna Acid Orange 7 menggunakan teknologi AOP dengan kombinasi $\text{UV}/\text{Fe}_2\text{O}_3$, $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{H}_2\text{O}_2$, dan $\text{UV}/\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{H}_2\text{O}_2$. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa persentase degradasi terbaik diperoleh pada kombinasi sistem $\text{UV}/\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{H}_2\text{O}_2$ sebesar 98,18%. Dwiasi *et al* (2010) [6] telah melakukan degradasi zat warna limbah batik dengan kombinasi TiO_2 dan H_2O_2 menggunakan sumber sinar UV dan sinar matahari. Hasil degradasi yang terbaik ditunjukkan pada kombinasi sistem sinar matahari/ $\text{TiO}_2/\text{H}_2\text{O}_2$ sebesar 96,712%, sedangkan untuk kombinasi $\text{UV}/\text{TiO}_2/\text{H}_2\text{O}_2$ diperoleh persentase penurunan sebesar 96,52%. Riyani *et al* (2010) [7] melakukan penurunan fenol, COD dan BOD limbah cair industri tekstil menggunakan sistem

sinar matahari/ TiO_2 -N. Hasil penelitian menunjukkan bahwa persentase penurunan BOD dan COD sebesar 48,4 % dan 72,7%, sedangkan untuk fenol sebesar 87,3%. Setyaningtyas *et al* (2012) [8] melakukan penurunan kadar zat warna azo tartrazin dalam limbah cair mie menggunakan metode AOP dengan sistem $\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV-Vis}$ (*sunlight*). Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa persentase penurunan kadar tartrazin mencapai 65%.

METODE PENELITIAN

a. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah cair Industri batik dari Desa Sokaraja Kulon Banyumas, *methyl orange*, kertas Whatman 41, aquademin, buffer pospat, H_2O_2 , FeSO_4 , HCl , NaOH , HNO_3 , H_2SO_4 , MnSO_4 , Na_2HPO_4 , NaH_2PO_4 .

b. Alat - alat

Alat-alat yang digunakan antara lain : alat-alat gelas, jerigen plastik, hotplate stirrer, Spektrofotometer UV-Vis, pH meter, reaktor UV

c. Prosedur kerja

- Pengaruh radiasi sinar UV

Sebanyak 250 mL limbah batik dimasukkan ke dalam gelas beker, kemudian diradiasi menggunakan sinar UV. dengan variasi waktu yaitu 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, dan 7 jam. Sampel diambil sebanyak 10 mL setiap 1 jam sampai 10 jam radiasi. Sampel diukur kadar zat warnanya pada panjang gelombang maksimum. Penurunan kadar zat warna yang paling besar merupakan waktu penyinaran optimum.

- Pengaruh $\text{UV}/\text{H}_2\text{O}_2$

Lima buah labu ukur 100 mL masing-masing diisi dengan 10 mL sampel limbah batik, kemudian ditambah dengan sejumlah volume larutan H₂O₂ 0, 10, 20, 40, dan 50 ppm. Semua larutan diradiasi dengan sinar UV, kemudian setiap 1 jam diambil sebanyak 10 mL sampai 10 jam. Selanjutnya larutan diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum. Penurunan zat warna yang paling besar menunjukkan konsentrasi H₂O₂ optimum.

- *Pengaruh UV/FeSO₄*

Sebanyak 250 mL limbah batik ditambahkan FeSO₄ dengan variasi berat 0, 50, 100, dan 150 mg. Larutan diradiasi UV selama 24 jam. Kemudian larutan disaring dengan kertas saring, selanjutnya disentrifugasi dengan kecepatan 5000 rpm selama 15 menit. Setelah didapatkan larutan yang jernih, absorbansi diukur dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum. Penurunan zat warna yang paling besar menunjukkan berat FeSO₄ optimum.

- *Pengaruh UV/FeSO₄/H₂O₂*

Sebanyak 250 mL limbah batik dan H₂O₂ 250 mg/L ditambahkan FeSO₄ dengan variasi berat 0,50, 100, dan 150 mg. Larutan diradiasi UV selama 24 jam. Kemudian larutan disaring dengan kertas saring, selanjutnya disentrifugasi dengan kecepatan 5000 rpm selama 15 menit. Setelah didapatkan larutan yang jernih, absorbansi larutan diukur dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 484 nm.

- *Penentuan pH optimum*

Sebanyak 25 mL limbah batik (pada kondisi sistem AOP yang optimum) diatur pH-nya 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, dan 11 dengan menambahkan buffer, kemudian diradiasi sinar UV selama 24 jam. Setelah

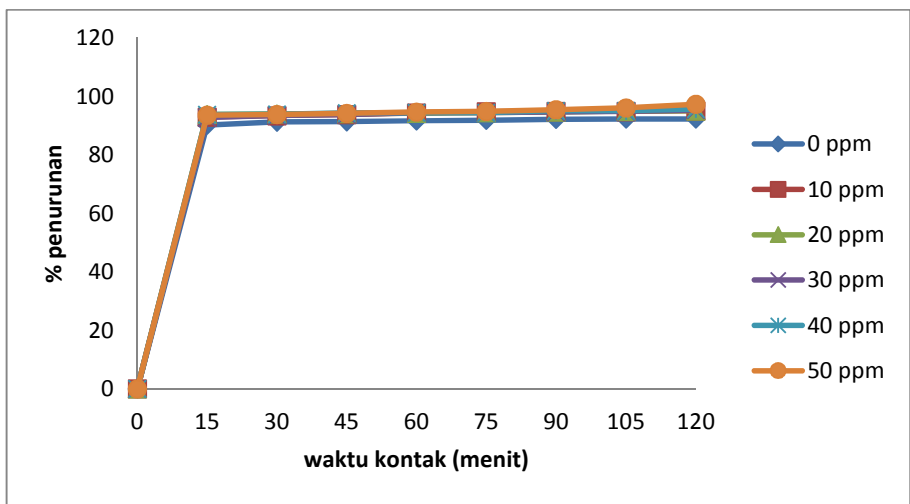
itu larutan disaring dengan kertas saring, selanjutnya disentrifugasi dengan kecepatan 5000 rpm selama 15 menit. Setelah didapatkan larutan yang jernih, absorbansi larutan diukur dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum. Penurunan zat warna limbah batik yang paling besar merupakan kondisi pH optimum.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengukuran, dapat diketahui panjang gelombang maksimum untuk larutan methyl orange adalah 463 nm. Selanjutnya panjang gelombang maksimum tersebut digunakan untuk pembuatan kurva kalibrasi.

Pengaruh UV/H₂O₂

Pada sistem UV/H₂O₂, dengan adanya energi radiasi dari sinar UV maka laju dan persentase radikal OH yang terbentuk secara teoritis akan lebih besar. Hasil pengukuran pengaruh UV/H₂O₂ terhadap penurunan kadar methyl orange dapat dilihat pada Gambar 1. Berdasarkan Gambar 1, terlihat adanya sinergisme antara sinar UV dengan H₂O₂, dan persentase degradasi methyl orange yang diperoleh cukup besar yaitu 97,28%, dengan konsentrasi H₂O₂ sebesar 50 ppm dalam waktu 120 menit.

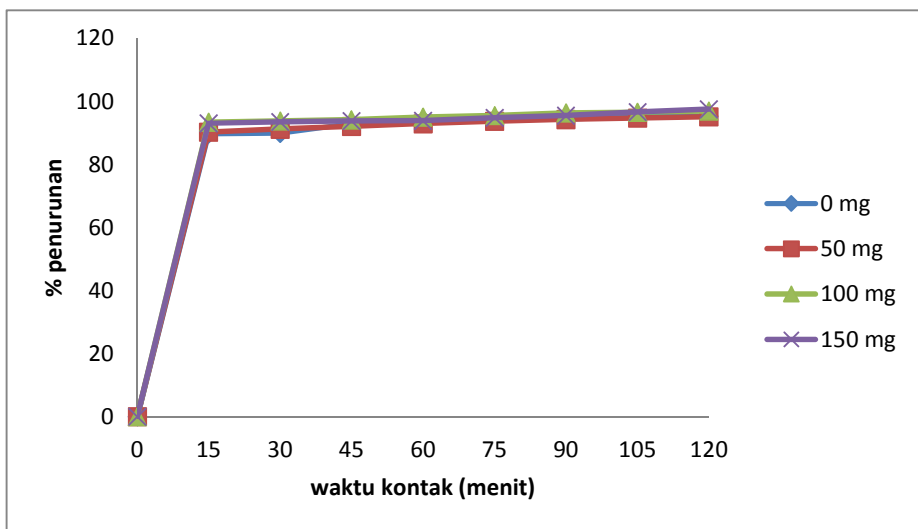


Gambar 1. Pengaruh UV/H2O2 Terhadap Penurunan Kadar Methyl Orange

Hydrogen peroksida jika diradiasi dengan sinar ultraviolet (UV) maka akan membentuk radikal hidroksil ($\cdot\text{OH}$). Mekanismenya dapat dituliskan sebagai berikut :



Sinar UV menyebabkan terjadinya disosiasi molekul H_2O_2 menjadi dua radikal hidroksil. Radikal hidroksil adalah oksidan kuat yang dapat mengoksidasi senyawa organik dengan cepat [9].



Gambar 2. Persentase degradasi Methyl

Pengaruh UV/FeSO₄

Variasi konsentrasi FeSO₄ yang digunakan adalah 0, 50, 100 dan 150 mg. Penambahan FeSO₄ sangat mempengaruhi persentase penurunan kadar methyl orange seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Berdasarkan Gambar 2 terlihat bahwa penambahan FeSO₄ sebesar 150 mg memberikan persentase yang cukup tinggi yaitu 97,48%.

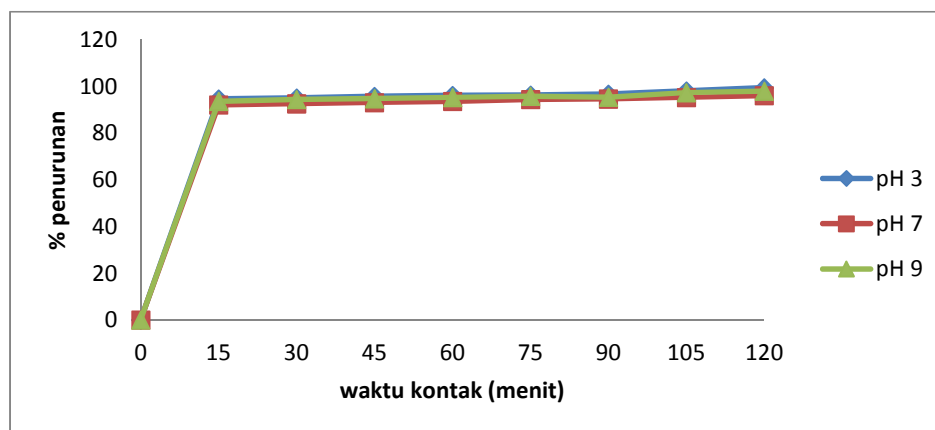
Pengaruh UV/FeSO₄/H₂O₂

Dalam sistem UV/FeSO₄/H₂O₂, penambahan FeSO₄ berfungsi sebagai katalis dalam dekomposisi H₂O₂ menjadi radikal OH

[10]. Dengan bertambahnya radikal OH yang terbentuk maka diharapkan methyl orange akan terdegradasi lebih banyak.

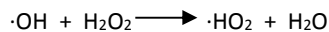
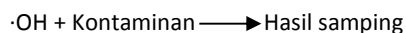
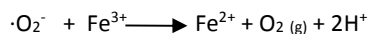
Dalam sistem ini ditambahkan FeSO₄ sebanyak 150 mg dan H₂O₂ dengan konsentrasi 50 ppm. Berdasarkan hasil penelitian yang ditunjukkan oleh Gambar 3, dihasilkan persentase penurunan kadar methyl orange terbesar adalah sebesar 99,33% pada kondisi pH 3 dengan waktu kontak 120 menit.

Orange dalam Sistem FeSO₄/UV



Gambar 3. Persentase Penurunan Kadar Methyl Orange dalam Sistem UV/FeSO₄/H₂O₂

Fe²⁺ berfungsi sebagai katalis untuk dekomposisi H₂O₂ karena pada suhu ruang dekomposisi H₂O₂ berjalan lambat dan akan berjalan cepat pada suhu yang lebih tinggi. Untuk mempercepat laju dekomposisi ini pada suhu kamar ditambahkan katalis Fe²⁺. Mekanisme reaksi lengkap untuk fotodegradasi menggunakan reagen Fenton sebagai berikut [11-12] :



KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka diperoleh simpulan bahwa persentase penurunan zat warna methyl orange terbesar didapatkan pada penambahan H₂O₂ sebesar 50 ppm, FeSO₄ sebanyak 150 mg, pH 3 dan waktu radiasi selama 120 menit (2 jam). Sistem UV/FeSO₄/H₂O₂ merupakan kondisi optimum dengan persentase penurunan kadar methyl orange sebesar 99,33%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada DIKTI atas bantuan biaya penelitian melalui dana Hibah Bersaing tahun 2013.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] Scrudato, R.J. and Chiarenzelli J, 2000, *Advanced Oxidation Processes, Suny Oswego Environmental Research Centre, Suny College at Oswego.*
- [2] Malato S., Blanco J., Vidal A. and Richter C, 2002, Photocatalysis With Solar Energy At A Pilot Plant Scale : An Overview, *Appl. Catal. B. Environ.*, **37**, 1-15.
- [3] Radka Peřoutová¹, Petr Hlavínek, Jana Matysiková^{use}, 2011, Of Advanced Oxidation Processes For Textile Wastewater Treatment – A Review. *Food and Environment Safety - Journal of Faculty of Food Engineering, Stefan cel Mare University - Suceava Volume X, Issue 3 - 201.*
- [4] Shashank, S.K., Satyam Mohan, Alok Sinha and Gurdeep Singh, 2011, Advanced Oxidation Processes for Treatment of Textile and Dye Wastewater : A Review. *2nd International Conference on Environmental Science and Development IPCBEE vol.4 (2011). IACSIT Press, Singapore.*
- [5] Kristianingsih, L.W., 2005, *Studi Degradasi Zat Pewarna Azo Acid Orange 7 Menggunakan Proses Oksidasi Lanjut*, Tesis, MIPA-UGM.
- [6] Dwiasi, D. W., Tien Setyaningtyas dan Eko Rustanto, 2010, *Fotodegradasi Zat Warna Azo Zat warna limbah batik Limbah Cair Industri Mie Menggunakan TiO₂, H₂O₂ dan TiO₂-H₂O₂*. Laporan Penelitian Mandiri, Belum Dipublikasi.
- [7] Riyani, K., Dian Windy Dwiasi, dan Tien Setyaningtyas, 2010, Sintesis Fotokatalis TiO₂-N Sebagai Upaya Memanfaatkan Sinar Matahari Untuk Fotodegradasi Limbah Cair Industri Tekstil, *Laporan Penelitian Riset Pemula*, Belum Dipublikasi.
- [8] Setyaningtyas, T., dan Dian Windy Dwiasi, 2012, Degradasi Zat Warna Azo Tartrazin pada Limbah Cair Mie dengan Metode AOPs, *Jurnal Ilmiah Kimia Molekul*, Vol. 7, No. 2, November 2012 : 153 - 162.
- [9] Yang, Y.,D.T.II. Wyatt, and M. Bahorshky. 1989. Decolorization of Dyes Using UV/H₂O₂ Photochemical Oxidation. *Textile Chemist and Colorist*. 30, 27-35.
- [10] Munter, 2001, Advanced Oxidation Processes – Current Status And Prospects, *Proc. Estonian Acad. Sci. Chem.*, 2001, 50, 2, 59–80
- [11] Huling, S. G., R. G. Arnold, P. K. Jones, and R. A. Sierka, 2000. Predicting the Rate of Fenton-Driven 2 Chlorophenol Transformation Using a Contaminant Analog. *Journal of Environmental Engineering*, 126 (4) : 348–353
- [12] Huling, S. G., R. G. Arnold, R .A. Sierka, and M. A. Miller, 2001,

Influence of Peat on Fenton Oxidation,
Water Research, 35 (7) : 1687–1694

TANYA JAWAB

Nama Penanya : Gede Agus Beni
Widana

Nama Pemakalah : Dian Windy
Dwiasi

Pertanyaan :

Mengapa digunakan FeSO_4 ?

Jawaban :

Karena yang digunakan untuk pembentukan radikal OH^- adalah Fe^{2+} dimana FeSO_4 lebih mudah terionkan dibandingkan dengan garam-garam besi yang lain.