

DEGRADASI ZAT WARNA RHODAMIN B SECARA *Advanced Oxidation Processes* METODE FENTON BERDASARKAN VARIASI KONSENTRASI H₂O₂

Ana Hidayati Mukaromah*, Yusrin, Endah Mubiarti*****

* *Program Studi DIV Analisis Kesehatan Fakultas Ilmu Keperawatan dan Kesehatan Universitas Muhammadiyah Semarang . E-mail: anahidamuka@gmail.com, Telp. 08122521381*

** *Program Studi DIII Analisis Kesehatan Fakultas Ilmu Keperawatan dan Kesehatan Universitas Muhammadiyah*
*** *Fakultas Teknik Lingkungan Universitas Pasundan Bandung*

ABSTRAK

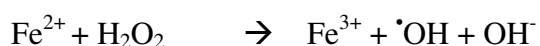
Industri percetakan sebagai salah satu bidang industry dan sebagian besar industri percetakan skala kecil-menengah ini belum melakukan pengelolaan yang baik terhadap limbah cairnya. Hal ini berpotensi menimbulkan pencemaran dan kerusakan lingkungan terutama perairan. Teknologi AOPs merupakan salah satu teknologi yang banyak dikembangkan dan selama ini telah berhasil mendegradasi/menyisihkan warna dari suatu limbah cair. Tujuan penelitian ini adalah mendegradasi zat warna secara artificial yaitu zat warna Rhodamin B dalam kondisi optimum (waktu pengolahan, dosis H₂O₂ dan Fe²⁺, dan pH 3) menghasilkan efisiensi yang paling baik (maksimal) dalam skala laboratorium dan menghitung prosentase penurunan konsentrasi warna Rhodamin B setelah diolah menggunakan proses Fenton. Hasil penelitian adalah panjang gelombang optimum adalah 550 nm dan waktu reaksi optimum 15 menit. Kondisi optimum dalam mendegradasi zat warna Rhodamin B 100 ppm tercapai pada [Fe²⁺] 100 ppm dengan penambahan volume 10 mL yaitu sebesar 23,54 % dengan pertimbangan lebih ekonomis. Pemakaian konsentrasi H₂O₂ dalam jumlah besar akan meningkatkan tingkat degradasi zat warna Rhodamin B, akan tetapi pada konsentrasi tertentu hal ini tidak berlaku karena terjadinya fenomena OH[•] Scavenger. Zat warna Rhodamin B 100 ppm dengan 10 mL [Fe²⁺] 100 ppm dan konsentrasi H₂O₂ yang paling besar adalah 450 ppm selama 120 menit terdegradasi 85,47 %.

Kata kunci: Degradasi zat warna, Rhodamin B, *Advanced Oxidation Processes*, *Metoda Fenton*

PENDAHULUAN

Salah satu bidang yang berpotensi besar dari pengembangan ekonomi kreatif adalah percetakan. Sebagian industri percetakan telah berusaha melakukan minimasi dan daur ulang terhadap limbah cairnya, namun sebagian dari industri terutama yang berskala kecil-menengah membuang limbah cairnya langsung ke selokan/saluran pembuangan tanpa melakukan pengolahan dulu. Di dalam limbah cair percetakan berupa sisa tinta cetak mengandung berbagai parameter pencemar antara lain adalah warna. Warna yang ada di dalam limbah cair percetakan bila langsung dibuang tanpa pengolahan akan mengganggu kehidupan aquatik badan air penerima, karena akan menghambat proses fotosintesis dan menyebabkan gangguan terhadap ekosistem secara keseluruhan (Zainudin L.,2007).

Untuk mencegah pencemaran badan air akibat limbah cair percetakan, maka perlu dilakukan pengolahan terhadap limbah cair percetakan sebelum dibuang ke lingkungan. Beberapa teknologi yang umum digunakan untuk mengolah limbah cair yang mengandung zat warna adalah dengan proses fisika, kimia, dan biologi. Salah satu teknologi yang mulai banyak dikembangkan untuk mengolah limbah warna dalam hal ini mengandung senyawa organik tinggi adalah *Advanced Oxidation Processes* (AOPs). Teknologi AOPs adalah kombinasi dari beberapa proses yang bisa melibatkan *Ozone*, *Hydrogen Peroxida (H₂O₂)*, *Sinar Ultraviolet*, *Titanium Dioxide*, *Photo catalyst*, *Sonolysis*, *Electron beam*, *Electrical discharges (plasma)* serta beberapa proses lainnya, untuk menghasilkan *Hydroxyl Radical (·OH)*. ·OH adalah spesies aktif yang dikenal memiliki oksidasi potensial tinggi 2.8 V melebihi ozon yang memiliki oksidasi potensial 2,07 V. Pada penelitian ini digunakan teknologi AOPs melalui Proses Fenton yaitu menggunakan H₂O₂ yang direaksikan dengan garam besi Fe²⁺ untuk dapat menghasilkan ·OH. Proses Fenton adalah salah satu jenis AOPs, yang banyak digunakan untuk mengolah berbagai jenis pencemaran seperti pencemaran air dan tanah (Parsons, 2004). Proses Fenton dapat bereaksi dengan efektif pada limbah cair dengan rentang pH 2-4, dan lebih efektif lagi dilakukan pada initial pH 3. Proses Fenton tidak efektif dilakukan pada limbah cair dengan pH 5-9 (Parsons, 2004). Hal ini dikarenakan pada pH basa tersebut akan semakin banyak terbentuk endapan/lumpur (Fe³⁺) yang dapat mengganggu efisiensi penyisihan warna.



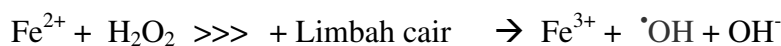
Dalam persamaan R adalah zat organik yang sedang bereaksi.

Hydroxyl Radical Scavenger (OH[·] Scavenger)

OH[·] Scavenger adalah proses dimana OH[·] yang sudah terbentuk dari reaksi Hidrogen Peroksida (H₂O₂) dapat bereaksi kembali dengan konsentrasi H₂O₂ yang berlebih sehingga membentuk oksidator lain yaitu HO₂[·] (hidroperoxy radikal). HO₂[·] ini memiliki sifat yang kurang

reaktif sehingga tidak dapat bereaksi cepat dengan senyawa organik atau komponen-komponen lain. Tidak seperti radikal hidroksil yang dapat bereaksi cepat dan tidak selektif dengan senyawa atau komponen-komponen organik lain yang ada dalam limbah cair (Tokumura et al., 2006).

Reaksi yang terjadi dapat dilihat sebagai berikut :



← Bereaksi kembali



METODE PENELITIAN

Sampel Penelitian

Sampel Penelitian adalah zat warna Rhodamin B 100 ppm.

Membuat larutan Stok Zat Warna

Zat warna yang digunakan adalah zat warna dari tinta cetak yang biasa digunakan di industri percetakan, seperti Rhodamin B, kemudian dibuat limbah percetakan buatan (limbah artificial). Larutan stok 100 ppm zat warna diperoleh dengan cara melarutkan 100 mg Rhodamin B dengan aquadest sampai volume 1000 ml.

Mencari panjang gelombang maksimum

Penentuan panjang gelombang maksimum untuk zat warna Rhodamin B 1, 5, dan 10 ppm pada panjang gelombang 450 – 530 ppm dengan menggunakan alat spektrofotometer UV – Vis. Hasil absorbansi maksimum yang diperoleh merupakan panjang gelombang optimum yang akan digunakan dalam penelitian.

Pembuatan kurva kalibrasi

Setelah mengetahui panjang gelombang maksimum zat warna selanjutnya adalah membuat kurva kalibrasi antara konsentrasi zat warna Rhodamin B 1-10 ppm dan 10-100 ppm untuk mengetahui konsentrasi warna Rhodamin B setelah degradasi. Absorbansi dibaca pada panjang gelombang optimum.

Pemeriksaan pH

Pemeriksaan pH (derajat keasaman) diharapkan 2 – 4 dan yang digunakan selama pemeriksaan dilakukan pada pH 3 (Muruganandham et al. 2004). Pengaturan pH dilakukan dengan penambahan asam dan basa sedangkan pengukuran pH dilakukan dengan menggunakan pH universal.

Optimasi waktu reaksi

Sampel zat warna Rhodamin B 100 ppm sebanyak 100 mL dimasukkan dalam beaker glass 250 mL di alat jar test (flokulator). Dilakukan pemeriksaan warna awal terlebih dahulu (C_0), pH diatur hingga 3 (dengan penambahan larutan HCl 0,1N atau NaOH 0,1 N). 10 mL Fe^{2+} 100 ppm

dimasukkan sambil diaduk dan dilakukan pengecekan pH (pH diharapkan masih pada kondisi 3). Dimasukkan 10 mL H₂O₂ dengan konsentrasi 150 ppm dan dilakukan pengadukan cepat dengan kecepatan pengadukan 100 rpm selama 1 menit (*Alaerts et al, 1984*). Kemudian dilakukan pengadukan lambat yaitu 60 rpm dan waktu pengadukan 10 menit. Pemeriksaan warna dilakukan setiap 15 menit dan diulang untuk waktu reaksi 30 menit, 45 menit, dan 60 menit. Waktu reaksi yang menghasilkan degradasi zat warna yang paling besar merupakan waktu yang optimum.

Optimasi konsentrasi FeSO₄ 7H₂O

Sampel zat warna Rhodamin B 100 ppm sebanyak 100 mL dimasukkan dalam beaker glass 250 mL di alat jar test (flokulator). Dilakukan pemeriksaan warna awal terlebih dahulu (Co), pH diatur hingga 3 (dengan penambahan larutan HCl 0,1N atau NaOH 0,1 N). Ditambah variasi konsentrasi Fe²⁺ 100 ppm dimasukkan 10 mL, 20 mL, 30 mL, dan 40 mL dilakukan pengecekan pH (pH diharapkan masih pada kondisi 3). Dimasukkan 10 mL H₂O₂ dengan konsentrasi 150 ppm dan dilakukan pengadukan cepat dengan kecepatan pengadukan 100 rpm selama 1 menit (*Alaerts et al, 1984*). Kemudian dilakukan pengadukan lambat yaitu 60 rpm dan waktu pengadukan 10 menit selama waktu optimum. Konsentrasi Fe²⁺ yang menghasilkan degradasi zat warna yang paling besar merupakan waktu yang optimum.

Degradasi zat warna Rhodamin B berdasarkan variasi konsentrasi H₂O₂

Sampel zat warna Rhodamin B 100 ppm sebanyak 100 mL dimasukkan dalam beaker glass 250 mL di alat jar test (flokulator). Dilakukan pemeriksaan warna awal terlebih dahulu (Co), pH diatur hingga 3 (dengan penambahan larutan HCl 0,1N atau NaOH 0,1 N). Ditambah konsentrasi Fe²⁺ 100 ppm dengan volume yang optimum dan pengecekan pH (pH diharapkan masih pada kondisi 3). Ditambah variasi konsentrasi H₂O₂ 150 ppm, 300 ppm, 450 ppm, dan 600 ppm dan dilakukan pengadukan cepat dengan kecepatan pengadukan 100 rpm selama 1 menit (*Alaerts et al, 1984*). Kemudian dilakukan pengadukan lambat yaitu 60 rpm dan waktu pengadukan 10 menit selama waktu reaksi 30 menit, 60 menit, 90 menit, dan 120 menit.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil Optimasi panjang gelombang tertera pada Tabel 1.

Tabel 1. Absorbansi Zat Warna Rhodamin B 1ppm, 5 ppm, dan 10 ppm pada λ 490 – 600 nm

| | Absorbansi | | |
|--------|------------|-------|--------|
| λ (nm) | 1ppm | 5 ppm | 10 ppm |
| 490 | 0,008 | 0,014 | 0,076 |
| 500 | 0,012 | 0,025 | 0,092 |

| | | | |
|-----|-------|-------|-------|
| 510 | 0,013 | 0,035 | 0,113 |
| 520 | 0,013 | 0,048 | 0,132 |
| 530 | 0,012 | 0,064 | 0,156 |
| 540 | 0,014 | 0,094 | 0,206 |
| 550 | 0,020 | 0,119 | 0,245 |
| 560 | 0,016 | 0,112 | 0,230 |
| 570 | 0,012 | 0,061 | 0,148 |
| 580 | 0,008 | 0,021 | 0,074 |
| 590 | 0,001 | 0,001 | 0,030 |
| 600 | 0,001 | 0,001 | 0,023 |

Dari Tabel 1, menunjukkan bahwa absorbansi baku rhodamin B baik 1 ppm, 2ppm, dan 3 ppm dari panjang gelombang 490-550 nm mengalami kenaikan, selanjutnya mulai panjang gelombang 560-600 nm mengalami penurunan, sehingga panjang gelombang optimum adalah 500 nm. Selanjutnya dilakukan optimasi waktu reaksi tertera pada Tabel 2.

Tabel 2. Optimasi Waktu Reaksi

| Waktu Reaksi (menit) | Degradasi Zat Warna Rhodamin B (%) |
|----------------------|------------------------------------|
| 15 | 51.68 |
| 30 | 52.47 |
| 45 | 55.17 |
| 60 | 55.60 |

Tabel 2 menunjukkan degradasi zat warna Rhodamin B dalam waktu 15 menit sudah mencapai 51,68%, sedangkan waktu reaksi 30, 45, dan 60 menit zat warna Rhodamin B yang terdegradasi mengalami kenaikan tetapi tidak signifikan dengan kenaikan waktu, sehingga waktu reaksi optimum adalah 15 menit. Selanjutnya dilakukan optimasi variasi konsentrasi Fe^{2+} sampel

rhodamin B 100 ppm 100 ml dengan H₂O₂ 150 ppm 10ml dengan waktu reaksi 15 menit tertera pada Tabel 3.

Tabel 3. Optimasi konsentrasi Fe²⁺

| Volume Fe ²⁺ 100 ppm yang ditambahkan (mL) | Degradasi Zat Warna Rhodamin B (%) |
|---|------------------------------------|
| 10 | 23.54 |
| 20 | 35.75 |
| 30 | 56.22 |
| 40 | 59.77 |

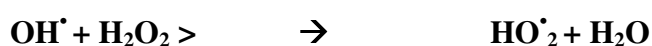
Tabel 3 menunjukkan degradasi zat warna Rhodamin B dengan penambahan 10 mL Fe²⁺ 100 ppm dalam waktu reaksi 15 menit sudah mencapai 23,54%, sedangkan penambahan volume Fe²⁺ 100 ppm 20, 30, dan 40 mL zat warna Rhodamin B yang terdegradasi mengalami kenaikan tetapi tidak signifikan dengan penambahan volume Fe²⁺ 100 ppm, sehingga penambahan volume Fe²⁺ 100 ppm yang optimum adalah 10 mL.

Selanjutnya dengan penambahan volume Fe²⁺ 100 ppm yang optimum 10 mL digunakan untuk mendegradasi zat warna Rhodamin B 100 ppm berdasarkan variasi H₂O₂ selama waktu reaksi 30 menit – 120 menit tertera pada Tabel 4.

Tabel 4. Degradasi Zat warna Rhodamin B Berdasarkan variasi konsentrasi H₂O₂ (%)

| Waktu Reaksi (menit) | Konsentrasi H ₂ O ₂ (ppm) | | | |
|----------------------|---|--------|-------|-------|
| | 150 | 300 | 450 | 600 |
| 30 | 32,17 | 62,90 | 67,00 | 55,04 |
| 60 | 61.39 | 68.260 | 85,58 | 82,23 |
| 90 | 68,00 | 82,06 | 88,00 | 82,85 |
| 120 | 55,97 | 83,94 | 85,47 | 84,57 |

Dari Tabel 4 menunjukknn bahwa dengan penambahan konsentrasi H₂O₂ dari 150 – 450 ppm zat warna yang terdegradasi semakin meningkat, namun dengan penambahan konsentrasi H₂O₂ penambahan konsentrasi H₂O₂ 600 ppm degradasinya turun dan bertambahnya waktu reaksi juga semakin besar degradasinya. Pemakaian H₂O₂ dalam jumlah besar akan meningkatkan tingkat penyisihan warna akan tetapi pada konsentrasi tertentu hal ini tidak berlaku karena terjadinya fenomena OH[•] Scavenger seperti reaksi berikut.:



Bereaksi kembali

SIMPULAN

Simpulan dari penelitian ini adalah:

- a. Panjang gelombang optimum adalah 550 nm dan waktu reaksi optimum 15 menit.
- b. Kondisi optimum dalam mendegradasi zat warna Rhodamin B 100 ppm tercapai pada $[\text{Fe}^{2+}]$ 100 ppm dengan penambahan volume 10 mL yaitu sebesar 23.54 % dengan pertimbangan lebih ekonomis.
- c. Pemakaian konsentrasi H_2O_2 dalam jumlah besar akan meningkatkan tingkat degradasi zat warna Rhodamin B, akan tetapi pada konsentrasi tertentu hal ini tidak berlaku karena terjadinya fenomena OH^\bullet Scavenger. Zat warna Rhodamin B 100 ppm dengan 10 mL $[\text{Fe}^{2+}]$ 100 ppm dan konsentrasi H_2O_2 yang paling besar adalah 450 ppm selama 120 menit terdegradasi 85,47 %.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan Nasional Republik Indonesia yang telah memberikan dana untuk penelitian Hibah Bersaing tahun anggaran 2012.

DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts G. dan Santika, 1984, *Metoda Penelitian air*, Surabaya, Usaha Nasional Surabaya-Indonesia
- Deng, Yang dan Englehardt, James D., 2006, *Treatment of Landfill Leachate by The Fenton Process*, *Water Research* 40, 3683-3694
- Muruganandham M. dan Swaminathan M., 2004, *Decolourisation of Reactive Orange 4 by Fenton and Photo-Fenton Oxidation Technology*, *Dyes and Pigment* 63, 315-321.
- Parsons, Simon, 2004, *Advanced Oxidation Processes for Water and Wastewater Treatment*, London, IWA Publishing
- Perez, Jose A. dan Lucas, Marco S., 2002, *Fenton and photo-Fenton Oxidation of Textil Effluents*, *Water Research* 36, 2703-2710
- Roaidah, Yunani, 2008, *Strategi Peningkatan Produktivitas Industri Kreatif*, Di dalam Seminar “Industri Kreatif : Untuk Kesejahteraan Bangsa”, ITB, Inkubator Industri dan Bisnis
- Simatupang, Togar, M., 2008, *Retorika Industri Kreatif*, Di dalam Seminar Industri Kreatif: Untuk Kesejahteraan Bangsa, ITB, Inkubator Industri dan Bisnis
- Simatupang, Togar M., Aldianto, Leo, Subandhi, Tita Januarita, Larso, Dwi, (2008), *Pemetaan Industri Kreatif Jawa Barat*, Di dalam Seminar Industri Kreatif: Untuk Kesejahteraan Bangsa, ITB, Inkubator Industri dan Bisnis
- Sudarjanto, Gatut, 2006, *Integrated Chemical and Biological Treatment Process to Remove Colour Compounds from Wastewater*, (Disertasi) Queensland: University of Queensland
- Sugiarto, Anto Tri, DR, 2007, *Mengatasi Limbah Tanpa Masalah Penerapan Teknologi Plasma Untuk Lingkungan*, Jakarta, Eko Plasma
- Surya, Dadan, 2008, *Penyisihan Zat Warna Indigo CI.Vat Blue I Menggunakan Proses Fenton*, Tugas akhir teknik Lingkungan, UNPAS
- Zainudin L., 2007, *Industri Kreatif Makin Prospektif*, *Bisnis Indonesia*, 24 Oktober.