

Kajian Metode Elektrofotokatalisis, Elektrolisis dan Fotokatalisis pada Dekolorisasi Larutan Zat Warna *Remazol Red RB* yang Mengandung Ion Logam Cd^{2+}

Rosida Puspita Sari^a, Abdul Haris^{a*}, Nor Basid Adibawa Prasetya^a

^a Analytical Laboratory, Chemistry Department, Faculty of Sciences and Mathematics, Diponegoro University, Jalan Prof. Soedarto, Tembalang, Semarang

* Corresponding author: a.haris@live.undip.ac.id

| Article Info | Abstract |
|---|--|
| <p>Keywords: Electrophotocatalysis, Electrolysis, Photocatalysis, Decolorization, Remazol Red RB</p> | <p>Textile industry wastewater contains dyes and heavy metals. Remazol red RB and copper metal are often found in textile wastewater. Disposal of liquid waste textile waste without prior treatment causes pollution of aquatic environments. Electrolysis, photocatalysis and electrophotocatalysis are methods that can be used in the treatment of textile wastewater. In this research the three methods were used to compare the decolorization solution of remazol red RB dye containing Cd^{2+} ions and determine the effect of the presence of Cd^{2+} ions and UV-C light irradiation of decolorization remazol red RB dye. The results showed that the method electrophotocatalysis was the most effective method to decolorize remazol red RB up to 97.85% and to lower concentrations of Cd^{2+} ions up to 96.50%. The presence of Cd^{2+} ions and UV-C light irradiation increased decolorization Remazol Red RB dye.</p> |
| <p>Kata kunci: Elektrofotokatalisis, Elektrolisis, Fotokatalisis, Dekolorisasi, <i>Remazol Red RB</i></p> | <p>Abstrak</p> <p>Limbah cair industri tekstil mengandung zat warna dan logam berat. <i>Remazol Red RB</i> dan logam kadmium merupakan zat warna dan logam berat yang banyak terdapat pada limbah tekstil. Pembuangan limbah cair tekstil tanpa pengolahan limbah terlebih dahulu akan menyebabkan pencemaran lingkungan perairan. Metode elektrolisis, fotokatalisis dan elektrofotokatalisis merupakan metode yang dapat digunakan dalam penanganan limbah tekstil. Pada penelitian ini akan dibandingkan ketiga metode tersebut untuk dekolourisasi larutan zat warna <i>remazol red RB</i> yang mengandung ion logam Cd^{2+} serta mengetahui pengaruh keberadaan ion logam Cd^{2+} dan penyinaran lampu UV-C terhadap dekolourisasi zat warna <i>remazol red RB</i>. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode elektrofotokatalisis merupakan metode yang paling efektif karena mampu mendekolorisasi <i>remazol red RB</i> hingga 97,85% dan menurunkan konsentrasi ion logam Cd^{2+} hingga 96,50%. Keberadaan ion logam Cd^{2+} dan penyinaran lampu UV-C meningkatkan dekolourisasi zat warna <i>remazol red RB</i>.</p> |

1. Pendahuluan

Semakin pesat perkembangan industri di Indonesia diikuti dengan bertambahnya limbah yang dihasilkan. Salah satu dari berbagai industri yang berkembang pesat adalah industri tekstil yang menghasilkan limbah seperti zat warna dan logam. Zat warna yang sering digunakan dalam industri tekstil salah satunya yaitu *remazol red RB*

sedangkan logam Cd termasuk logam berat yang terkandung dalam limbah tekstil. Berbagai metode dekolourisasi larutan zat warna yang mengandung ion logam telah dilakukan baik secara biologi, fisika maupun kimia. Dekolourisasi larutan zat warna secara biologi telah dilakukan dengan menggunakan mikroorganisme tetapi hasil yang diperoleh sering kurang efektif dan membutuhkan biaya yang mahal. Dekolourisasi larutan

zat warna secara fisika telah dilakukan dengan cara adsorpsi menggunakan zeolit dan kitosan. Namun metode ini menghasilkan limbah padat adsorben yang terisi polutan [1]. Oleh karena itu dibutuhkan metode yang efektif untuk mendekolorisasi zat warna yang mengandung logam seperti fotokatalisis menggunakan TiO_2 . TiO_2 dipandang sebagai katalis yang paling efisien dan ramah lingkungan [2], walaupun jenis katalis lain telah banyak diteliti, titanium dioksida (TiO_2) lebih banyak digunakan karena kemampuan fotokatalisis yang baik, harga murah, toksisitas rendah, tahan karat dan memiliki stabilitas terhadap cahaya [3]. Pada penelitian ini akan dilakukan dekolourisasi larutan zat warna *remazol red RB* yang mengandung ion logam Cd^{2+} menggunakan katalis TiO_2 dengan metode elektrofotokatalisis, elektrolisis dan fotokatalisis. Dari penelitian ini diharapkan mampu mengkaji ketiga metode dalam mendekolorisasi larutan zat warna *remazol red RB* yang mengandung ion logam Cd^{2+} .

2. Metode Penelitian

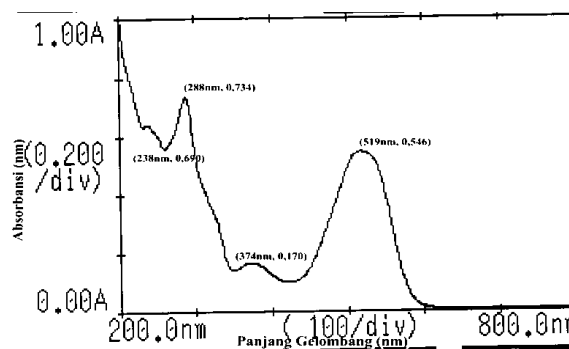
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *remazol red RB* $3\text{CdSO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ p.a, Na_2SO_4 p.a, Titanium dioksida p.a, Karbon, Akuadest dan Aseton. Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi Labu takar 25 mL dan 50 mL, Gelas Ukur 10 mL, Pengaduk, Pipet, Erlenmeyer 250 mL, Gelas Beker 150 mL, Timbangan elektrik (merk KERN), Elektroanaliser, Spektrofotometer UV-Vis Shimadzu 390, Atomic Absorption Spectroscopy (AAS).

Prosedur penelitian meliputi preparasi larutan sampel dengan mencampurkan larutan *remazol red RB* dan larutan $3\text{CdSO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$. Selanjutnya penentuan potensial kerja untuk metode elektrofotokatalisis dan elektrolisis. Elektroda yang digunakan adalah karbon/karbon. Massa TiO_2 yang digunakan sebesar 0,05 gram dan waktu optimum untuk semua metode pada menit ke-240. Selanjutnya dilakukan proses elektrofotokatalisis, elektrolisis dan fotokatalisis pada dekolourisasi larutan zat warna *remazol red RB* yang mengandung ion logam Cd^{2+} . Untuk mengetahui pengaruh adanya ion logam Cd^{2+} dan penyinaran UV dilakukan dengan Analisis menggunakan Spektrofotometer UV-Vis dan Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) dilakukan sebelum dan sesudah proses dekolourisasi.

3. Hasil Dan Pembahasan

Penentuan Panjang Gelombang Maksimum dengan Menggunakan Spektrofotometri UV-Vis

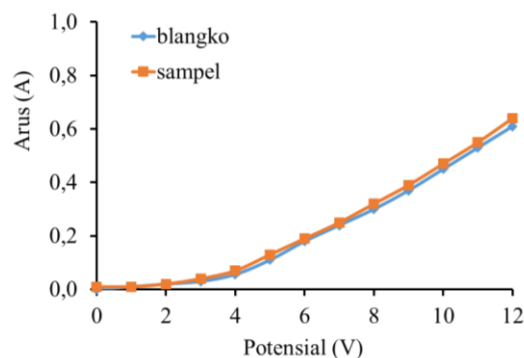
Spektra UV-Vis *remazol red RB* seperti disajikan pada gambar IV.1 menunjukkan kurva spesifik adanya gugus kromofor dalam senyawa tersebut yang terlihat pada puncak 519 nm. Puncak serapan 288 nm merupakan karakteristik benzene [4] dan serapan puncak pada 372 nm merupakan benzen terkonjugasi dan adanya kenaikan tetapan dielektrik dari pelarut [5].



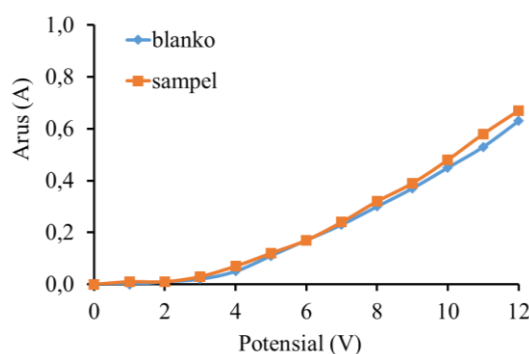
Gambar 1. Spektra campuran UV-Vis *remazol red RB* dan ion logam Cd^{2+}

Penentuan Potensial Kerja

Untuk metode elektrofotokatalisis dengan elektroda C/C diperoleh rentang potensial 4,9–5 volt sedangkan pada metode elektrolisis diperoleh rentang potensial 5,2–5,7 volt. Potensial aplikasi untuk metode elektrofotokatalisis ditetapkan sebesar 5 volt dan untuk metode elektrolisis sebesar 5,5 volt.



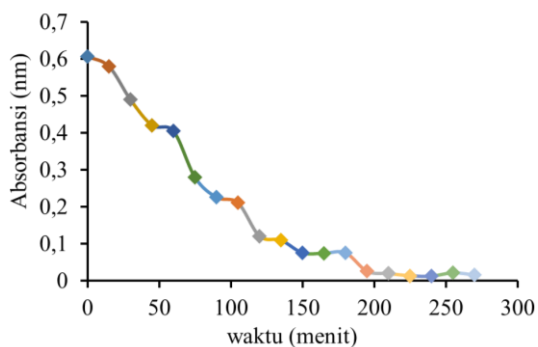
Gambar 2. Kurva hubungan antara arus dan potensial pada elektrofotokatalisis larutan sampel dan blanko dengan elektroda C/C



Gambar 3. Kurva hubungan antara arus dan potensial pada elektrolisis larutan sampel dan blanko dengan elektroda C/C

Penentuan Waktu Optimum

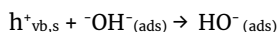
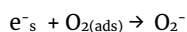
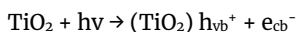
Dari gambar 5 diperoleh data waktu optimum untuk dekolourisasi zat warna *remazol red RB* yang mengandung ion logam Cd^{2+} terlarut yaitu menit ke-240 menit dan persentasenya 97,85 %. Selanjutnya ditetapkan menit ke-240 sebagai waktu optimum untuk metode elektrofotokatalisis, elektrolisis dan fotokatalisis.



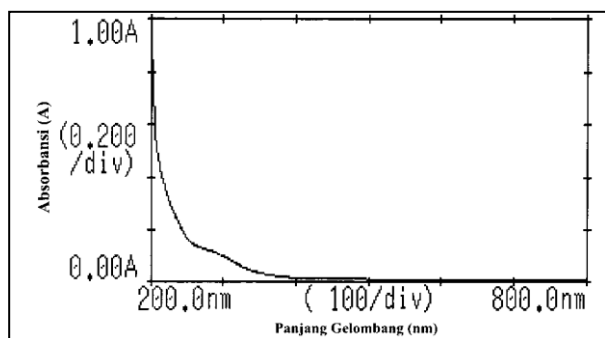
Gambar 4. Kurva absorbansi terhadap waktu pada elektrofotokatalisis larutan sampel dengan elektroda karbon/karbon dengan potensial 5,0 volt yang diukur pada 519 nm.

Dekolorisasi Larutan Remazol Red RB yang Mengandung ion logam Cd²⁺ Secara Elektrofotokatalisis

Permukaan TiO₂ juga akan mengalami reaksi oksidasi dan reduksi. Menurut Ismunandar [6], mekanisme penyerangan zat warna oleh TiO₂ dapat dijelaskan secara bertahap yaitu mekanisme yang melibatkan eksitasi fotokatalisis TiO₂ ketika dikenai cahaya dengan panjang gelombang sekitar 380 nm.



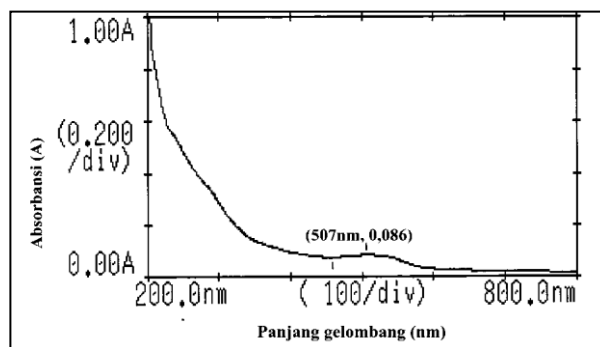
Hal ini menandakan zat warna telah terdegradasi. Penurunan absorbansi pada panjang gelombang 519 nm menunjukkan dekolourisasi sebesar 97,85%



Gambar 6. Spektra UV-Vis larutan sampel pada elektrofotokatalisis menit ke- 240 dengan elektroda C/C

Dekolorisasi Larutan Remazol Red RB yang Mengandung ion logam Cd²⁺ Secara Elektrolisis

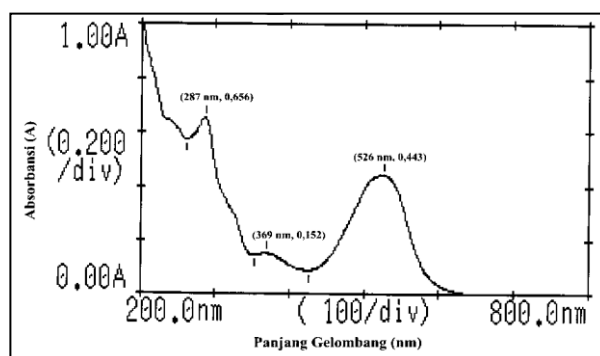
Hasil analisis spektra UV-Vis terhadap larutan sampel setelah elektrolisis seperti disajikan pada gambar IV.8 menunjukkan masih adanya puncak serapan pada 507 nm yang merupakan puncak dari gugus kromofor. Hal ini menandakan zat warna belum terdegradasi secara sempurna. Penurunan absorbansi pada panjang gelombang 519 nm menunjukkan dekolourisasi sebesar 85,34%.



Gambar 7. Spektra UV-Vis larutan sampel pada elektrolisis menit ke- 240 dengan elektroda karbon/karbon

Dekolorisasi Larutan Remazol Red RB yang Mengandung ion logam Cd²⁺ Terlarut Secara Fotokatalisis

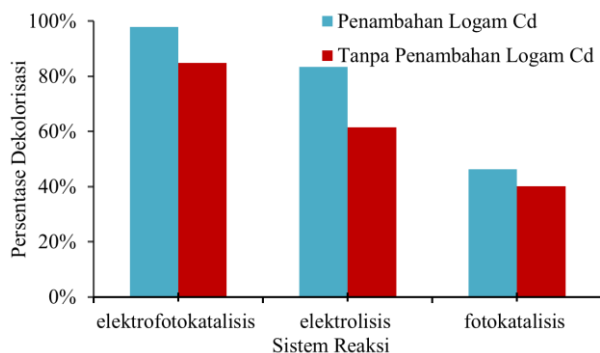
Dari gambar IV.9 dapat dilihat bahwa dalam waktu 240 menit, metode fotokatalisis belum sempurna mendekolorisasi zat warna remazol red RB, pada spektra UV-Vis jelas terlihat masih adanya gugus kromofor pada panjang gelombang 526 nm dan benzena pada panjang gelombang 287 nm yang belum sempurna teroksidasi oleh TiO₂. Dalam waktu 240 menit fotokatalisis hanya mampu menurunkan absorbansi sebesar 46,29%.



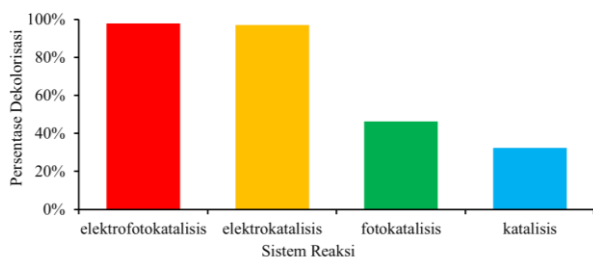
Gambar 8. Spektra UV-Vis larutan sampel pada fotokatalisis menit ke- 240

Pengaruh Ion Logam Cd²⁺ dan Penyinaran Sinar UV Terhadap Dekolorisasi Larutan Zat Warna Remazol Red Rb

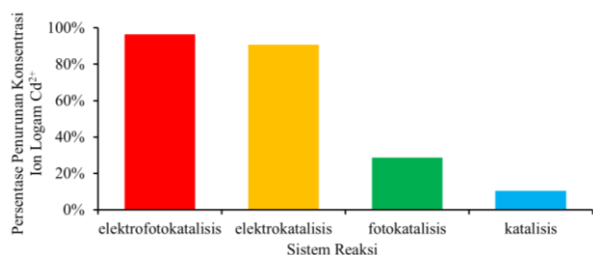
Dari gambar di bawah menunjukkan bahwa adanya ion logam Cd²⁺ pada setiap metode akan menaikkan efektifitas dekolourisasi larutan remazol red RB. Sistem terkatalisis TiO₂ jika dikenai cahaya UV akan menghasilkan elektron dan radikal ·OH secara terus menerus. Sebagian besar pasangan elektron dan hole ini akan berekombinasi kembali. Adanya ion logam Cd²⁺ maka elektron akan menginisiasi reaksi reduksi Cd²⁺ yang ada di sekitar permukaan semikonduktor sementara hole akan menginisiasi reaksi oksidasi larutan remazol red RB yang mencegah terjadinya reaksi rekombinasi.



Gambar 9. Kurva persentase perbandingan efektifitas dekolorisasi dengan menggunakan metode elektrofotokatalisis, fotokatalisis dan elektrolisis dengan dan tanpa adanya ion logam Cd²⁺ 600 ppm



Gambar 10. Kurva persentase perbandingan efektifitas dekolorisasi dengan menggunakan metode elektrofotokatalisis dan fotokatalisis dengan dan tanpa adanya penyinaran UV



Gambar 11. Kurva persentase perbandingan efektifitas penurunan konsentrasi ion logam Cd²⁺ dengan menggunakan metode elektrofotokatalisis dan fotokatalisis dengan dan tanpa adanya penyinaran UV dengan konsentrasi awal ion logam Cd²⁺ 600 ppm

Dari gambar 11 dan gambar 12 menunjukkan bahwa adanya penyinaran sinar UV pada setiap metode akan meningkatkan efektifitas dekolorisasi larutan *remazol red RB*. Sistem terkatilisis TiO₂ jika dikenai cahaya UV akan menghasilkan elektron dan radikal ·OH secara terus menerus. Menurut Ismunandar [7], pada larutan sampel yang tidak dikenai sinar UV hanya berlangsung reaksi adsorpsi yang akan terjadi pada sisi aktif permukaan TiO₂. Adanya kekosongan berjembatan tunggal dan berjembatan ganda pada permukaan TiO₂ yang akan diisi oleh zat warna *remazol red RB* dan ion logam Cd²⁺.

4. Kesimpulan

Metode elektrofotokatalisis, elektrolisis dan fotokatalisis mampu mendekolorisasi zat warna *remazol red RB* yang mengandung ion logam Cd²⁺ secara simultan namun metode elektrofotokatalisis lebih efektif dibandingkan dengan metode elektrolisis dan

fotokatalisis. Persentase dekolorisasi zat warna *remazol red RB* dengan metode elektrofotokatalisis, elektrolisis, dan fotokatalisis berturut-turut adalah 97,85%, 85,34%, dan 46,29%. Persentase penurunan konsentrasi ion logam Cd²⁺ dengan dengan metode elektrofotokatalisis, elektrolisis, dan fotokatalisis berturut-turut adalah 96,50%, 68,66%, dan 28,66%. Adanya ion logam Cd²⁺ dan penyinaran lampu UV akan meningkatkan efektifitas dekolorisasi larutan zat warna *remazol red RB* yang mengandung ion logam Cd²⁺.

5. Daftar Pustaka

- [1] Arh-Hwang Chen, Shin-Ming Chen, Biosorption of azo dyes from aqueous solution by glutaraldehyde-crosslinked chitosans, *Journal of Hazardous Materials*, 172, 2, (2009) 1111-1121 <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.07.104>
- [2] Xiaobo Chen, Samuel S Mao, Titanium dioxide nanomaterials: synthesis, properties, modifications, and applications, *Chemical reviews*, 107, 7, (2007) 2891-2959 <http://dx.doi.org/10.1021/cr0500535>
- [3] Oana Carp, Carolien L Huisman, Armin Reller, Photoinduced reactivity of titanium dioxide, *Progress in solid state chemistry*, 32, 1, (2004) 33-177 <http://dx.doi.org/10.1016/j.progsolidstchem.2004.08.001>
- [4] Robert M Silverstein, G Clayton Bassler, Terence C Morrill, Spectroscopic identification of organic compounds, *Wiley, New York*, (1981) 196
- [5] Hardjono Sastrohamidjojo, Spektroskopi, *Yogyakarta: Liberty*, (1991)
- [6] Ismunandar, Padatan Oksida Logam: Struktur, Sintesis dan Sifat-Sifatnya, Penerbit ITB, Bandung, 2006.
- [7] Ismunandar, Padatan Oksida Logam, Struktur, Sintesis, dan Sifat-sifatnya, ITB, Bandung, 2004.