

Degradasi Zat Warna Rhodamin B Menggunakan Katalis TiO₂ Dengan Metode Fotosonolisis

Wenti Aulia^{#1}, Hary Sanjaya^{*2}

^{1,2}Departemen Kimia, Universitas Negeri Padang
Jln.Prof.Dr. Hamka Air Tawar, Padang, Indonesia

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

Abstract — Research on the degradation of Rhodamine B dye was carried out with TiO₂ as a catalyst by photolysis. This study aims to determine the optimal time and mass of TiO₂ catalyst used to degrade rhodamine B. The percentage of rhodamine B degradation was obtained from the absorbance value measured by UV-Vis Spectroscopy. The maximum wavelength of Rhodamine B obtained from UV-Vis spectroscopy was 553.8 nm. The results showed that the optimal time to degrade rhodamine B was 210 minutes with a degradation percentage of 95.39%. While the effect of adding TiO₂ catalyst mass, the optimum mass of TiO₂ was 0.05 grams with a degradation percentage of 93.44%.

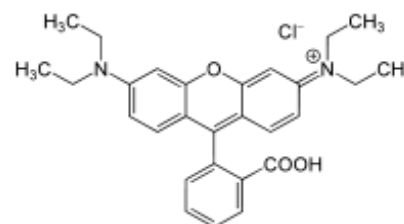
Keywords — Degradation, Photolysis, Rhodamine B, TiO₂ catalyst

I. PENDAHULUAN

Industri tekstil yang ada di Indonesia semakin berkembang pesat, yang mengakibatkan produksi limbah cair zat warna juga bertambah [1]. Limbah pewarna tekstil mempunyai struktur aromatik yang sulit terdegradasi. Struktur aromatik limbah ini tahan terhadap pengaruh bakteri, suhu dan pH [2].

Salah satu pewarna tekstil yang digunakan yaitu rhodamin B. Industri tekstil dan kertas biasanya menggunakan rhodamin B dalam proses pencelupan dan pewarnaan tekstil, tetapi sebagian besar pewarna dibuang sebagai limbah. Keberadaan limbah rhodamin B di lingkungan dapat mengurangi keindahan lingkungan, sehingga dibutuhkan upaya pengolahan limbah sebelum dibuang ke sistem perairan atau pembuangan akhir [3].

Harga yang murah dan dapat menghasilkan warna yang menarik serta praktis digunakan merupakan alasan industri menggunakan rhodamin B. Pemanfaatan rhodamin B dalam industri menyebabkan limbah cair banyak dijumpai sehingga dampak yang ditimbulkan oleh limbah ini yaitu menurunkan kualitas air dan berbahaya bagi kesehatan manusia dikarenakan bisa menimbulkan penyakit seperti kanker, kerusakan pada ginjal serta gangguan fungsi hati [4].



Gambar 1. Struktur Rhodamin B

Banyak metoda dan teknologi konvensional yang saat ini digunakan dalam penghilangan limbah berwarna dalam air. Industri bersifat klasik dan tidak mengarah pada penghancuran total untuk menanggulangi limbah zat warna tekstil atau buatan. Oleh karena itu perlu dikembangkan suatu metode pengolahan baru yang lebih efektif dalam menghilangkan zat warna dari air limbah. Proses oksidasi lanjutan (AOPs) adalah teknik alternatif dalam menghancurkan pewarna dalam air industri. Metode ini dikembangkan untuk memenuhi permintaan yang meningkat dari pengolahan air limbah yang efektif antara lain: yang pertama metode fisika seperti adsorpsi pengendapan osmosis terbalik, yang kedua metode kimia seperti ozonasi klorinasi dan fotosonolisis. Berdasarkan metode tersebut fotosonolisis merupakan salah satu metode oksidasi lanjutan (AOPs) yaitu menghubungkan metode fotolisis dan metode sonolisis dengan penambahan katalis dalam proses fotosonolisisnya [5].

Penggunaan katalis bisa meningkatkan kemampuan dalam mendegradasi atau menghilangkan limbah zat warna lebih cepat [6]. Katalis semikonduktor yang umum digunakan yaitu titanium dioksida (TiO₂). TiO₂ merupakan semikonduktor yang paling efektif dalam proses fotokatalisis. Keunggulan TiO₂ yaitu memiliki *band gap* (celah pita) 3,2 eV, tidak beracun, harga relatif murah, mudah ditemukan

dialam, mempunyai stabilitas yang tinggi pada pH besar, serta bisa mendekomposisikan polutan beracun yang sukar terurai [7]. Penelitian yang telah dilakukan oleh [8] mengenai degradasi rhodamin B menggunakan katalis ZnO-Fe secara fotolisis menghasilkan persen degradasi 23,10% dengan waktu optimum 150 menit. Dalam penelitian ini degradasi zat warna rhodamin B dilakukan menggunakan katalis TiO₂ dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu lama waktu radiasi dan massa katalis TiO₂.

II. METODE PENELITIAN

A. Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan yaitu 3 buah lampu UV (daya 15 watt), ultrasonik (45 kHz), spektrofotometer UV-VIS, spektrofotometer FTIR. Peralatan standar lainnya antara lain: gelas kimia, erlenmeyer, labu ukur, dll. Bahan yang dipakai saat penelitian antara lain: rhodamin B, TiO₂, aquadest.

B. Prosedur Kerja

1. Pembuatan Larutan Pewarna Rhodamin B

Sebanyak 0,2 gram bubuk rhodamin B, 1000 ml aquades, dilarutkan dalam labu ukur 1 L didapatkan larutan induk konsentrasi 200 ppm. Larutan dipipet 50ml selanjutnya diencerkan menggunakan aquadest 1000 ml didapatkan larutan rhodamin B konsentrasi 10 ppm.

2. Penentuan (λ_{maks}) dengan Spektrofotometer

Sebelum melakukan degradasi, sampel larutan zat warna Rhodamin B diukur panjang gelombang (λ_{maks}) dengan spektrofotometer Uv-Vis pada panjang gelombang 400-800 nm.

3. Degradasi Zat Warna Rhodamin B Secara Fotolisis

a. Degradasi Rhodamin B Variasi Waktu Secara Fotolisis

Sebanyak 0,1 gram TiO₂ dan 80 ml sampel larutan zat warna rhodamin B 10 ppm dimasukkan ke dalam gelas kimia 250ml selanjutnya dipindahkan ke dalam kotak fotolisis dimana terdapat lampu Uv daya 45 watt serta disonifikasi menggunakan ultrasonic (45kHz) selama 30 menit. Perlakuan yang sama berlaku untuk waktu 60 menit, 90, 120, serta 150 menit.

b. Degradasi Larutan Rhodamin B Dengan Variasi Massa Secara Fotolisis

Sebanyak 0,05 gram katalis TiO₂ dan 80 ml sampel larutan zat warna Rhodamin B 10 ppm dipindahkan ke gelas kimia 250 ml lalu dimasukkan ke dalam kotak fotolisis didalamnya terdapat lampu Uv 45 watt kemudian disonifikasi menggunakan ultrasonic (45kHz) pada waktu optimum yang telah didapatkan sebelumnya. Perlakuan yang sama berlaku untuk penambahan katalis 0,1; 0,15; 0,2; dan 0,25 gram.

4. Karakterisasi Sampel dengan FTIR

Struktur gugus fungsi pada sampel diukur menggunakan instrumen FTIR. Larutan Rhodamin B yang belum didegradasi, dan yang sudah didegradasi menggunakan

katalis TiO₂ pada waktu optimum, dapat dikarakterisasi dengan spektrofotometer FTIR. Hasil karakterisasi FTIR digunakan untuk memperoleh informasi tentang gugus fungsi pada sampel sebelum dan sesudah degradasi.

5. Teknik Analisa Data

Hasil data yang diperoleh dalam penelitian berupa penyerapan larutan rhodamin B diukur menggunakan instrumen Uv-Vis. Analisa data dapat dikerjakan dengan membandingkan absorbansi sebelum dengan setelah degradasi dan perbandingan waktu radiasi, serta variasi massa katalis. Persentase degradasi ditentukan dengan rumus:

$$\% D = \frac{A_0 - A_t}{A_0} \times 100 \%$$

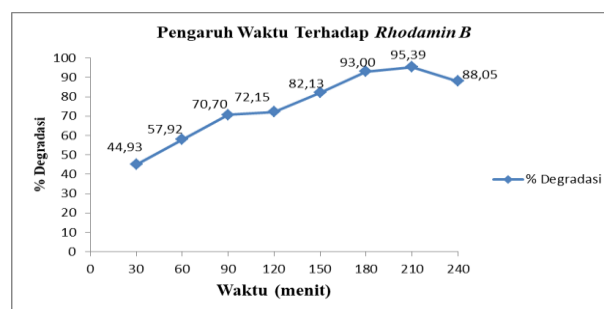
Dimana A_0 adalah absorbansi sebelum degradasi (cm^{-1}) dan A_t adalah absorbansi setelah degradasi pada waktu t (cm^{-1}).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Degradasi Zat Warna Rhodamin B Secara Fotolisis

1. Degradasi Rhodamin B Variasi Waktu

Pertama mengukur absorbansi sampel Rhodamin B 10 ppm pada panjang gelombang 400-800 nm sehingga λ_{maks} yang didapatkan adalah 553,8 nm dengan nilai absorbansi awal (A_0) sebesar 1,251. Hasil absorbansi sampel ini digunakan untuk membandingkan absorbansi zat warna rhodamin B sesudah proses degradasi dengan variasi waktu penyinaran pada penambahan katalis TiO₂.



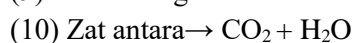
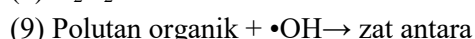
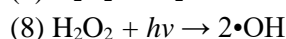
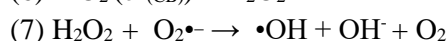
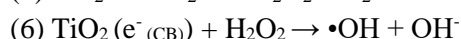
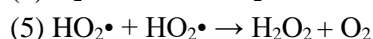
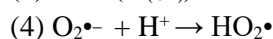
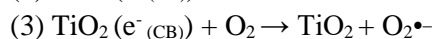
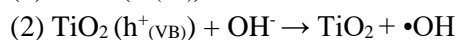
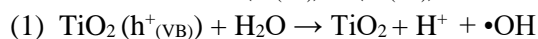
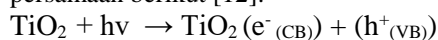
Gambar 2. Kurva Variasi waktu rhodamin B secara fotolisis menggunakan katalis TiO₂

Gambar 2. menunjukkan persen degradasi bertambah dari waktu 30 menit hingga 210 menit, sehingga waktu optimal untuk degradasi Rhodamin B adalah pada menit ke 210 dengan nilai persen degradasi 95,39% dan nilai persen degradasi terendah pada menit ke 30 sebesar 44,39%. Menurut penelitian [9] persen degradasi semakin meningkat, dikarenakan semakin lama waktu fotolisis, yang menyebabkan banyak radikal •OH yang terbentuk, radikal OH digunakan dalam proses degradasi rhodamin B. Peningkatan energi foton sehingga terbentuk lebih banyak radikal •OH. Radikal OH yang dihasilkan adalah oksidator

kuat yang dipakai selama proses degradasi rhodamin B, akibatnya banyak molekul rhodamin B yang terdegradasi. Namun persen degradasi tersebut berkurang menjadi 88,05% pada menit 210. Menurut [10] hal ini disebabkan oleh kelebihan H₂O₂ yang diperoleh selama sonikasi yang bereaksi dengan •OH radikal dan bereaksi dengan TiO₂ lalu terbentuk •OOH.

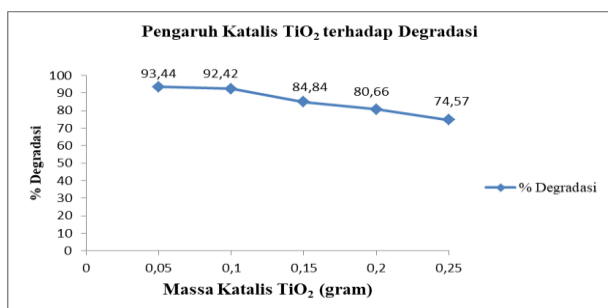
Selain itu, berkurangnya persentase degradasi terjadi karena terukurnya zat antara (intermediet) rhodamin B ketika pengukuran dengan spektrofotometer Uv-Vis. Zat antara (intermediet) yang dihasilkan tidak stabil menyebabkan persentase menurun dikarenakan puncak intermediet mendekati puncak serapan rhodamin B [11].

Mekanisme fotodegradasi senyawa organik dengan adanya radiasi (hv) melalui reaksi redoks dapat dilihat pada persamaan berikut [12].



II. Degradasi Rhodamin B Variasi Massa Tio₂

Degradasi rhodamin B dilakukan dengan menggunakan katalis TiO₂ dengan variabel massa 0,05; 0,1; 0,15; 0,20; dan 0,25 gram dengan tujuan melihat pengaruh TiO₂ sebagai katalis. Degradasi dilakukan selama 210 menit yang merupakan waktu optimum yang diperoleh pada analisa variabel sebelumnya. Berdasarkan data, degradasi rhodamin B variasi massa katalis dari 0,05 hingga 0,25 gram terjadi penurunan persen degradasi dikarenakan nilai absorbansi yang lebih besar. Persen degradasi tertinggi pada variasi massa katalis 0,05 gram sebesar 93,44% , terendah pada massa katalis 0,25 gram sebesar 74,57%.



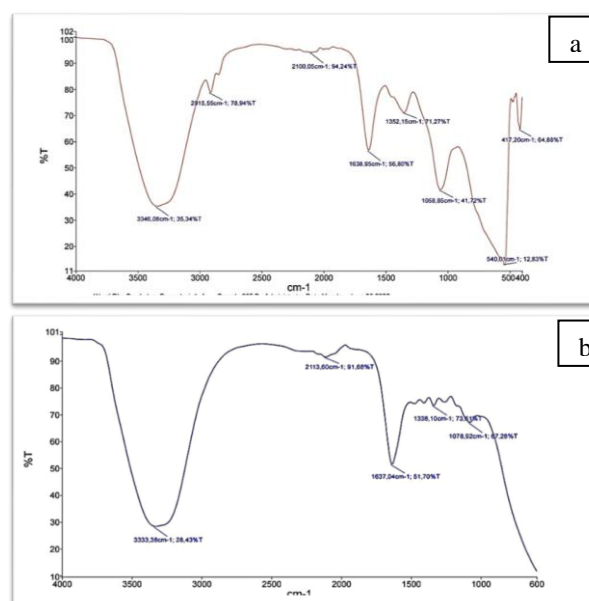
Gambar 3. Kurva variasi massa katalis TiO₂ secara fotosonolisis

Gambar 3. menunjukkan bahwa dengan bertambahnya massa katalis TiO₂, persen degradasinya menurun karena

terbatasnya cahaya dipermukaan katalis yang berinteraksi dengan larutan rhodamin B menyebabkan lebih banyak zat warna yang teradsorpsi dipermukaan katalis, hal ini membuat penyerapan sinar Uv terhambat pada katalis. Penambahan katalis TiO₂ berlebihan membuat bagian aktif dari katalis TiO₂ yang berinteraksi dengan sampel tidak menerima cahaya secara merata, sehingga menyebabkan penurunan pembentukan radikal •OH, sehingga laju degradasi juga berkurang

B. Karakterisasi Rhodamin B menggunakan FTIR

Karakterisasi dengan FTIR bertujuan untuk menentukan gugus fungsi sebelum dan setelah degradasi pada rhodamin B. Pada penelitian ini karakterisasi FTIR dilakukan pada rhodamin B waktu optimum dan massa TiO₂ optimum.



Gambar 4. Spektrum IR Rhodamin B (a) sebelum degradasi (b) setelah degradasi

Hasil karakterisasi FTIR diketahui bahwa terdapat perbedaan bentuk spektrum dimana hasil tersebut mengalami perubahan jumlah puncak sebelum degradasi dan setelah degradasi, yaitu terjadi pengurangan puncak pada spektrum setelah degradasi. Keberadaan puncak serapan rhodamin B sebelum degradasi gambar (a) terbentuk delapan puncak, puncak pertama terdapat dalam bilangan gelombang 3346,08 cm⁻¹ adalah ikatan O-H molekul air, kemudian bilangan gelombang 2915,55 cm⁻¹ adalah ikatan C-H, selanjutnya terdapat ikatan C≡C dengan bilangan gelombang 2100,05 cm⁻¹ serta terdapat ikatan C=C aromatik, bilangan gelombang 1638,95 cm⁻¹, terdapat juga ikatan nitro (C-N) bilangan gelombang 1352,15 cm⁻¹ dan 1058,85 cm⁻¹

Gambar (b) menunjukkan hasil karekterisasi dengan FTIR setelah degradasi bahwa ada ikatan O-H bilangan gelombang 3333,38 cm⁻¹ yang diperkirakan adalah gugus OH dalam air. Selanjutnya terdapat ikatan C≡C bilangan gelombang 2113,60 cm⁻¹ dan bilangan gelombang 1637,04

cm^{-1} adalah ikatan C=C aromatik serta ikatan C-N, bilangan gelombang 1338,10 cm^{-1} dan 1078,92 cm^{-1} .

IV. KESIMPULAN

1. Waktu optimum untuk degradasi Rhodamin B 10 ppm secara fotolisis dengan bantuan katalis TiO_2 adalah 210 menit dengan persentase degradasi sebesar 95,39% .
2. Massa optimum katalis TiO_2 untuk mendegradasi rhodamin B secara fotolisis selama 210 menit adalah sebanyak 0,05 gram dengan persentase degradasi sebesar 93,44 %.

REFERENSI

- [1] S. Suwarsa, "Penyerapan zat warna tekstil BR Red HE 7B oleh jerami padi," *J. Mat. Sains*, vol. 3, no. 1, pp. 32–40, 2009.
- [2] M. L. Maya-Treviño, J. L. Guzmán-Mar, L. Hinojosa-Reyes, N. A. Ramos-Delgado, M. I. Maldonado, and A. Hernández-Ramírez, "Activity of the ZnO-Fe₂O₃ catalyst on the degradation of Dicamba and 2, 4-D herbicides using simulated solar light," *Ceram. Int.*, vol. 40, no. 6, pp. 8701–8708, 2014.
- [3] S. Arief and P. P. Roza, "Degradasi senyawa rhodamin b secara sonolisis dengan penambahan TiO₂ hasil sintesa melalui proses sol-gel," *J. Ris. Kim.*, vol. 1, no. 1, p. 64, 2007.
- [4] H. St, "Kinetika Adsorpsi Zat Warna Rhodamin B Menggunakan Karbon Aktif Sekam Padi (Oryza Sativa L)." Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar, 2013.
- [5] H. Sanjaya, "Degradasi Metil Violet Menggunakan Katalis ZnO-TiO₂ Secara Fotolisis," *Eksakta Berk. Ilm. Bid. MIPA (E-ISSN 2549-7464)*, vol. 19, no. 1, pp. 91–99, 2018.
- [6] S. Marziyeh, H. Hassan, and M. Mohammad, "Experimental study of influencing factors and kinetics in catalytic removal of methylene blue with TiO₂ nanopowder," *Am. J. Environ. Eng.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–7, 2012.
- [7] N. D. Andari, "Fotokatalis TiO₂-zeolit untuk degradasi metilen biru," *Chem. Prog.*, vol. 7, no. 1, 2019.
- [8] W. Wulandari, H. Sanjaya, and Y. Yohandri, "Degradasi Rhodamin B dengan Katalis ZnO-Fe Menggunakan Metode Fotolisis," *Periodic*, vol. 10, no. 2, pp. 46–50, 2021.
- [9] D. A. P. Chandra, "Degradasi Fotokatalitik Zat Warna Tekstil Rhodamin B Menggunakan Zeolit Terimpregnasi TiO₂." UNIVERSITAS AIRLANGGA, 2012.
- [10] N. A. Youssef, S. A. Shaban, F. A. Ibrahim, and A. S. Mahmoud, "Degradation of methyl orange using Fenton catalytic reaction," *Egypt. J. Pet.*, vol. 25, no. 3, pp. 317–321, 2016.
- [11] U. Loekman, F. Febrianti, and T. Sakai, "Degradasi zat warna sudan I secara sonolisis dan fotolisis dengan penambahan TiO₂-Anatase," *J. Ris. Kim.*, vol. 1, no. 2, p. 163, 2008.
- [12] B. O. Chin and Y. N. Law, "Abdul Wahab Mohammad. A review of ZnO nanoparticles as solar photocatalysts: Synthesis, mechanisms and applications," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, no. 81, p. 536, 2018.