

Degradasi Rhodamin B Menggunakan Katalis TiO₂-N Dan Oksidator Hidrogen Peroksida

Cika Dania Marca, Rahadian Zainul*

^{1,3}Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang
Jl. Prof. Hamka, Air Tawar, Padang, Sumatera Barat, 25131

*rahadianzmsiphd@fmipa.unp.ac.id

Abstract — This research studies of degradation of rhodamine b with oxidator of hydrogen peroxide and determine how much time the optimum degrade rhodamin b as well as the percent degradation using the photocatalytic method. The photocatalyst used for degradation is TiO₂-N 8%. The degradation was carried out with variation the concentrations of hydrogen peroxide 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 35%, 40%, 45% and 50% and the variation of irradiation time is 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 and 240 minutes. Result of degradation analysed using UV-Vis spectrophotometer. The result showed that the greater the concentration of hydrogen peroxide added, the greater the percentage degradation of rhodamine b. The highest percentage degradation was obtained at 90,26% at the addition of hydrogen peroxide concentration 50% and the optimum time to degrade rhodamin b was 210 minutes with 86,5% degradation percentage with the addition of hydrogen peroxide.

Keywords — photocatalytic, rhodamine b, TiO₂-N 8%, hydrogen peroxide, percentage degradation

I. PENDAHULUAN

Industri tekstil merupakan salah satu industri yang memegang peranan penting dalam meningkatkan nilai perekonomian. Selain menghasilkan nilai positif, menghasilkan limbah yang mencemari lingkungan merupakan salah satu dampak negatif dari industri tekstil [1]. Limbah tekstil mempunyai pengaruh yang cukup besar dalam kasus pencemaran jika tidak diolah dengan baik dan benar sebelum dibuang ke saluran pembuangan akhir. Limbah tersebut berasal dari rangkaian proses yang dilakukan oleh industri tekstil seperti pencelupan dan pewarnaan dengan zat warna [2]. Zat warna yang dihasilkan adalah senyawa yang bersifat sukar terurai (*non-biodegradable*), bersifat resisten dan toksik [3].

Salah satu zat warna yang banyak digunakan pada kalangan umum adalah Rhodamin B. Zat warna ini menjadi dasar yang penting pada industri tekstil maupun industri kertas dikarenakan harganya relatif murah dan mudah diperoleh [4]. Berdasarkan struktur kimianya rhodamin b termasuk golongan zat warna *triphenylmethane* yang merupakan salah satu jenis pencemar perairan organik dan juga paling banyak digunakan khususnya industri tekstil. Zat warna ini mengandung kromofor tipe *quinoid* dan gugus auktokrom tipe *ammin* dengan golongan *xanthes dyes*. Kandungan yang ada dalam zat warna tersebut menyebabkan intensitas dari warna tersebut sangat tajam apabila dibandingkan dengan pewarna lainnya [5].

Dalam penelitian ini untuk mengolah limbah cair digunakan metode fotokatalis. Metode fotokatalis yaitu merupakan perpaduan antara proses fotokimia dan katalis dengan melibatkan cahaya. Proses ini diawali dengan semikonduktor

yang disinari oleh sinar UV, kemudian elektron akan tereksitasi dari pita valensi yang meninggalkan *hole* (lubang) menuju ke pita konduksi yang akan meninggalkan elektron [6].

Titanium dioksida (TiO₂) merupakan salah satu semikonduktor yang umum digunakan sebagai katalis untuk mendegradasi polutan organik. TiO₂ memiliki celah pita (*band gap*) sebesar 3,28 eV yang termasuk salah satu bahan oksidasi yang baik karena memiliki aktifitas katalitik yang cukup besar [7].

Untuk meningkatkan sifat katalitik pada semikonduktor dapat dilakukan *pendoppingan* yang bertujuan mengurangi band gap energi pada TiO₂ dengan menambahkan semikonduktor lain, salah satunya Nitrogen [8]. *Pendoppingan* menggunakan nitrogen dikarenakan ukurannya yang tidak jauh berbeda dengan atom oksigen sehingga dapat menggantikan posisi atom oksigen pada TiO₂ yang membentuk *N-doped TiO₂* yang lebih kuat yang dapat menurunkan nilai celah energi dan memperbanyak *trapping state* sehingga meningkatkan aktifitas fotokatalitik [9].

Dalam penelitian ini dilakukan degradasi zat warna rhodamin b dengan penambahan oksidator hidrogen peroksida menggunakan katalis TiO₂-N dengan variasi konsentrasi 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 35%, 40%, 45% dan 50% serta melihat berapa waktu optimum untuk mendegradasi rhodamin b. Adapun tujuan penambahan hidrogen peroksida adalah untuk menambah radikal hidroksil yang ada pada larutan. Sebagaimana TiO₂, H₂O₂ juga menghasilkan radikal hidroksil saat disinari oleh sinar UV. Radikal tersebut akan meningkatkan persentase degradasi zat warna rhodamin b.

II. METODE PENELITIAN

A. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan adalah peralatan gelas kimia, labu ukur 1000 mL, neraca analitik, *magnetic stirrer*, reaktor dengan 3 buah lampu UV merk Germicidal Yamano ($\lambda=254$ nm dan dengan daya 15 watt), dan spektrofotometer UV-Vis merk T70.

Bahan yang digunakan adalah Rhodamin B, TiO₂-N 8%, H₂O₂ dan aquades.

B. Prosedur penelitian

1) Pembuatan larutan rhodamin b 20 ppm

Pada labu ukur 1000 mL dilarutkan menggunakan aquades 0,2 g kristal rhodamin b sampai tanda batas hingga diperoleh larutan induk rhodamin b 200 ppm. Selanjutnya diencerkan 100 mL larutan induk dengan aquades pada labu ukur 1000 mL sehingga diperoleh rhodamin b dengan konsentrasi 20 ppm.

2) Degradasi larutan rhodamin b

Sebelum dilakukan degradasi, larutan rhodamin b 20 ppm diukur absorbansi maksimumnya terlebih dahulu menggunakan spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui panjang gelombang maksimum (λ maks). Berdasarkan pengukuran yang dilakukan, panjang gelombang maksimum dari larutan rhodamin b adalah 554 nm. Kemudian untuk menghitung persentase degradasi (%D) menggunakan persamaan berikut :

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

Dimana A_0 adalah absorbansi sebelum degradasi dan A_t adalah absorbansi sesudah degradasi pada waktu t.

a. Degradasi rhodamin b dengan variasi konsentrasi hidrogen peroksida

Sebanyak 20 mg TiO₂-N dilarutkan dalam 30 mL larutan rhodamin b 20 ppm kemudian ditambahkan 0,5 mL H₂O₂ dengan variasi konsentrasi yaitu 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 35%, 40%, 45% dan 50%. Campuran tersebut diaduk menggunakan *magnetic stirrer* lalu disinari oleh lampu UV pada reaktor selama 60 menit. Setelah itu disentrifuge, supernatan dianalisa menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Sebagai pembanding dilakukan prosedur yang sama tanpa penambahan H₂O₂.

b. Degradasi rhodamin b dengan variasi waktu penyinaran

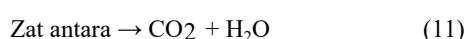
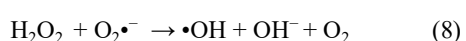
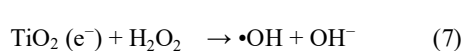
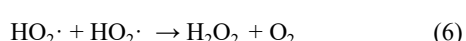
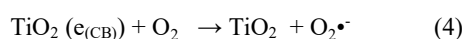
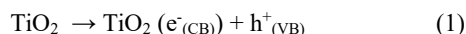
Sebanyak 20 mg TiO₂-N dilarutkan dalam 30 mL larutan rhodamin b 20 ppm kemudian ditambahkan 0,5 mL H₂O₂ 15%. Campuran tersebut diaduk menggunakan *magnetic stirrer* lalu disinari oleh lampu UV pada reaktor dengan variasi waktu degradasi yaitu 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 dan 240 menit. Setelah itu disentrifuge, supernatan dianalisa dengan spektrofotometer UV-Vis. Sebagai pembanding dilakukan prosedur yang sama tanpa penambahan H₂O₂.

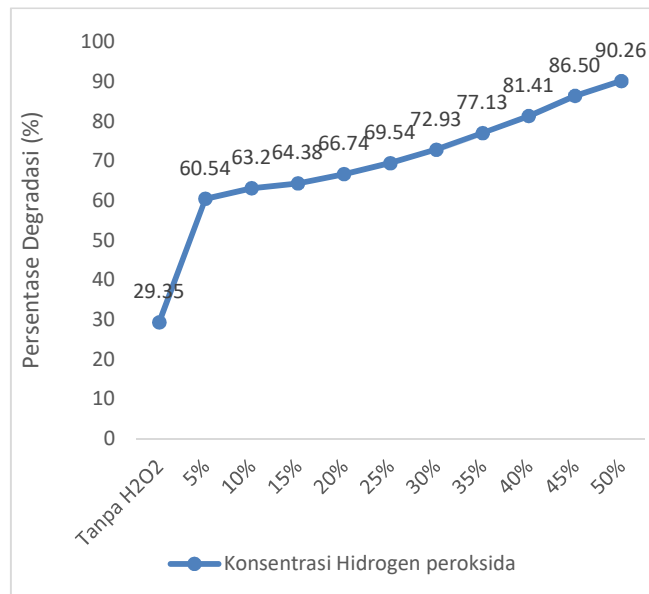
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Degradasi rhodamin b dengan variasi konsentrasi hidrogen peroksida

Salah satu faktor yang mempengaruhi degradasi rhodamin b adalah penambahan konsentrasi hidrogen peroksida yang di variasikan menjadi 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 35%, 40%, 45% dan 50% yang ditunjukkan pada Gambar 1. Pada Gambar tersebut terlihat bahwa persentase degradasi rhodamin b optimum didapatkan pada variasi konsentrasi 50% dengan persen degradasi sebesar 90,26%. Sedangkan persentase degradasi tanpa penambahan hidrogen peroksida yaitu sebesar 29,35% jauh lebih rendah dibandingkan dengan penambahan hidrogen peroksida. Ini disebabkan karena telah tercapainya kontak antara rhodamin b dengan katalis serta hidrogen peroksida yang mengakibatkan jumlah radikal hidroksil (\bullet OH) yang dihasilkan banyak sehingga laju degradasi semakin meningkat. Hasil maksimum konsentrasi degradasi menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi hidrogen peroksida, absorbansi yang dihasilkan semakin rendah, sehingga energi foton yang diserap akan semakin banyak. Hal ini menunjukkan maka semakin besar persentase degradasi yang dihasilkan, dikarenakan semakin tinggi konsentrasi hidrogen peroksida yang ditambahkan maka semakin banyak rhodamin b yang terdegradasi sebagai akibat dari bertambahnya jumlah radikal hidroksil yang terbentuk untuk mendegradasi rhodamin b yang dilihat dari mulai menurunnya kepekatan warna rhodamin b sedikit demi sedikit setelah didegradasi [10].

Mekanisme fotodegradasi TiO₂ terhadap senyawa azo rhodamin B dapat digambarkan sebagai berikut [11]





Gambar 1. Grafik pengaruh konsentrasi hidrogen peroksida terhadap persentase degradasi rhodamin b

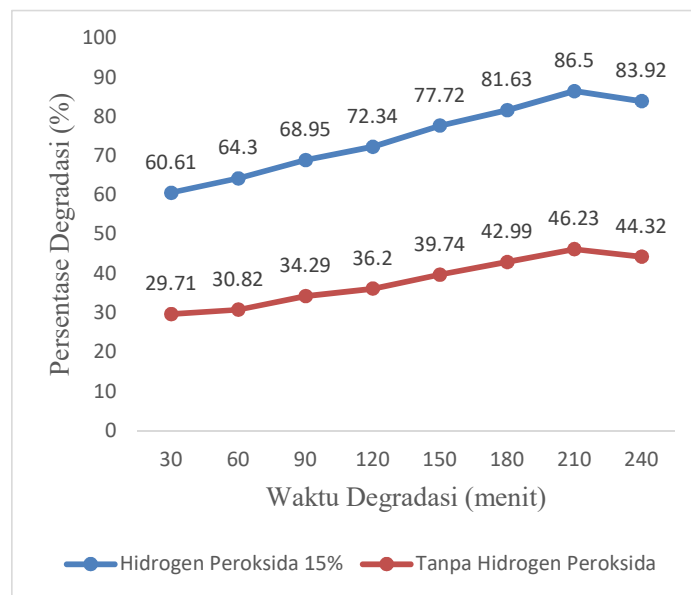
B. Degradasi rhodamin b dengan variasi waktu degradasi

Faktor yang mempengaruhi persentase degradasi rhodamin b adalah waktu degradasi/lama penyinaran. Yang divariasikan menjadi 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210 dan 240 menit yang ditunjukkan pada Gambar 2. Pada Gambar tersebut, grafik menunjukkan bahwa degradasi menggunakan variasi waktu 30-210 menit penyinaran memberikan persentase degradasi yang meningkat. Hal ini dikarenakan teradsorpsinya ion hidroksil yang menyebabkan katalis bermuatan negatif yang kemudian mempromosikan terbentuknya radikal hidroksil sehingga laju degradasi semakin meningkat. Kemudian pada menit ke-240 mengalami penurunan persen degradasi yang tidak terlalu signifikan yaitu 83,92%, disebabkan karena adanya kontak optimum antara TiO₂-N dan rhodamin b serta hidrogen peroksida dengan banyaknya radikal hidroperoksi yang terbentuk.

Hasil degradasi rhodamin b menjelaskan bahwa adanya pengaruh waktu penyinaran pada proses degradasi menggunakan fotokatalis TiO₂-N. Namun angka persen degradasi yang dihasilkan lebih rendah dibandingkan dengan adanya penambahan hidrogen peroksida. Proses reaksi ini berkaitan dengan jumlah radikal hidroksil yang dihasilkan oleh adanya penambahan hidrogen peroksida. Pada proses ini juga terjadinya eksitasi elektron dari pita valensi yang meninggalkan *hole* (lubang positif) menuju ke pita konduksi yang akan meninggalkan elektron.

Angka persentase degradasi rhodamin b optimum didapatkan pada variasi waktu 210 menit dengan persen degradasi sebesar 86,5%. Sedangkan persentase degradasi tanpa penambahan hidrogen peroksida yaitu sebesar 46,23% pada waktu penyinaran 210 menit jauh lebih rendah dibandingkan dengan penambahan hidrogen peroksida. Hal ini menunjukkan persentase degradasi rhodamin b semakin besar,

karena semakin lama waktu degradasi/lama penyinaran maka semakin lama pula kontak antara foton dan katalis. Akibatnya semakin bertambah radikal hidroksil sehingga jumlah rhodamin b semakin banyak yang terdegradasi menjadi senyawa yang lebih sederhana. Selain memicu pembentukan radikal hidroksil, Penambahan oksidator hidrogen peroksida juga dapat meningkatkan efisiensi katalis sehingga laju penyerapan katalis kecil [12].



Gambar 2. Grafik pengaruh waktu dan H₂O₂ terhadap persentase degradasi rhodamin b

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian bahwa katalis TiO₂-N merupakan material fotokatalis yang mampu mendegradasi zat warna rhodamin b, namun dinilai kurang efektif dari persentase degradasi yang dihasilkan lebih kecil dibandingkan dengan penambahan hidrogen peroksida. Pada konsentrasi optimum hidrogen peroksida untuk degradasi rhodamin b adalah 20% dengan persen degradasi 90,26%, sedangkan waktu optimum yang diperlukan untuk mendegradasi rhodamin b adalah 210 menit dengan persen degradasi 86,5% dengan penambahan hidrogen peroksida.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada dosen pembimbing dan tim penelitian serta yang telah memberikan saran dalam penulisan artikel ini dan dukungan yang tiada henti. Kemudian kepada bapak dan ibu analis Laboratorium Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang, penulis juga mengucapkan terimakasih banyak atas fasilitas dan dukungannya.

REFERENSI

- [1] D. A. P. Chandra, "Degradasi Fotokatalitik Zat Warna Tekstil Rhodamin B Menggunakan Zeolit Terimpregnasi TiO_2 ," Universitas Airlangga, 2012.
- [2] N. D. Perdana, S. Wardhani, And M. M. Khunur, "Pengaruh Penambahan Hidrogen Peroksida (H_2O_2) Terhadap Degradasi Methylene Blue Dengan Menggunakan Fotokatalis Zn-Zeolit," *Jurnal Ilmu Kimia Universitas Brawijaya*, Vol. 2, Pp. 576-582, 2014.
- [3] J. F. Osma, J. L. Toca-Herrera, And S. Rodríguez-Couto, "Cost Analysis In Laccase Production," *Journal Of Environmental Management*, Vol. 92, Pp. 2907-2912, 2011.
- [4] C. W. Fitri, "Pengaruh Ph Dan Lama Penyinaran Terhadap Aktivitas Degradasi Fenol Menggunakan Fotokatalis Lapis Tipis TiO_2 -Kitosan Dengan Sinar Uv," Universitas Brawijaya, 2017.
- [5] A.-K. Gustavsson, E. Schöler, K. Sattler, M. Isaksson, M. Karlsteen, And A. Rosén, "Solar Photocatalytic Degradation Of Rhodamine B By TiO_2 Nanoparticle Composites," Master Thesis. University Of Gothenburg, Gothenburg, Sweden, 2010.
- [6] H. C. Pratiwi, F. Riyanti, And N. Yuliasari, "Fotodegradasi Zat Warna Congo Red Menggunakan Nanomagnetik NiFe_2O_4 Dan Pengaruh Penambahan H_2O_2 ," Sriwijaya University, 2019.
- [7] H. Aditya, D. Kartika, And P. Lestari, "Sintesis Zn- TiO_2 /Zah Dan Aplikasinya Sebagai Fotokatalis Untuk Mendegradasi Zat Warna Limbah Cair Industri Tekstil."
- [8] S. Karim, P. Pardoyo, And A. Subagio, "Sintesis Dan Karakterisasi TiO_2 Terdoping Nitrogen (N-Doped TiO_2) Dengan Metode Sol-Gel," *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*, Vol. 19, Pp. 63-67, 2016.
- [9] Y. D. Lestari, S. W. Wardhani, And M. M. Khunur, "Degradasi Methylene Blue Menggunakan Fotokatalis TiO_2 -N/Zeolit Dengan Sinar Matahari," *Jurnal Ilmu Kimia Universitas Brawijaya*, Vol. 1, Pp. 592-598, 2015.
- [10] L. Ernawati, R. A. Wahyuono, I. K. Maharsih, A. W. Yusariarta, A. D. Laksono, C. W. Kartikowati, *Et Al.*, "Fotodegradasi Zat Pewarna Tekstil (Rhodamin B) Menggunakan Adsorben Berbasis Material Komposit Kalsium Titanate (CaTiO_3)," *Jurnal Teknik Kimia*, Vol. 14, Pp. 32-39, 2020.
- [11] R. S. Rini, I. Fajriati, And A. A. Kiswandono, "Pengaruh Penambahan Hidrogen Peroksida (H_2O_2) Terhadap Efektivitas Fotodegradasi Naphthol Menggunakan Fotokatalis TiO_2 ," *Analit: Analytical And Environmental Chemistry*, Vol. 4, Pp. 26-40, 2019.
- [12] J. Sibarani, D. L. Purba, I. E. Suprihatin, And M. Manurung, "Fotodegradasi Rhodamin B Menggunakan Zn/Uv/Reagen Fenton," *Cakra Kimia (Indonesian E-Journal Of Applied Chemistry)*, Vol. 4, Pp. 84-93, 2016.