

ADVANCED OXIDATION PROCESS (AOP): DEGRADASI ZAT WARNA RHODAMIN B DENGAN METODE FOTOKATALITIK MENGGUNAKAN KATALIS COVALENT TRIAZINE FRAMEWORK (CTF)

Andes Sagita¹⁾, Edy Saputra²⁾, Panca Setia Utama²⁾

¹⁾Mahasiswa Program Studi Teknik Kimia S1, ²⁾Dosen Teknik Kimia
Laboratorium Pemisahan dan Pemurnian Jurusan Teknik Kimia Universitas Riau
Kampus Binawidya Jl. H.R. Soebrantas Km 12,5 Simpang Baru Panam, Pekanbaru 28293

¹⁾Email: andes.sagita5467@student.unri.ac.id

ABSTRACT

BPS recorded the export value of national textile products reached US\$ 13.22 billion in 2018 and increased to US\$ 15.73 in 2019. The problem that later arises was the textile waste generated by those industries. One of the methods for treating textile dye waste is the photocatalytic. The catalyst used in this study is the Covalent Triazine Framework (CTF), while the radiation comes from a 250 watt mercury lamp. The dye waste used is rhodamine B. The CTF catalyst synthesis was carried out by the ionothermal method at a temperature of 450°C and argon atmosphere for 18 hours. 1,4-dicyanobenzene used as monomer and ZnCl₂ as molten salt, the two ingredients are mixed in a furnace cup with a weight ratio of 1: 8 (monomer: molten salt). The best photocatalytic results were shown by variations in the concentration of 1 g/l catalyst and 10 ppm of rhodamine B with a degradation efficiency of 94.790%.

Keywords: *covalent triazine framework, ionothermal, textile, photocatalytic*

1. Pendahuluan

Produk tekstil merupakan salah satu komoditas utama ekspor di Indonesia dan sumber pendapatan negara. Badan Pusat Statistik (2019) melaporkan nilai ekspor tekstil nasional mencapai US\$ 13,22 miliar pada tahun 2018 dan meningkat menjadi US\$15,73 pada paruh pertama 2019. Kementerian Perindustrian (2019) melaporkan bahwa terdapat 197 perusahaan yang bergerak disektor tekstil di seluruh Indonesia, dimana Jawa Barat sebagai sentralnya. Pertumbuhan industri tekstil berdampak baik terhadap pendapatan negara dan penyerapan tenaga kerja. Namun permasalahan yang muncul ialah limbah yang dihasilkan dari kegiatan industri tersebut. Perusahaan terkait harus memiliki tata kelola pengolahan limbah yang baik sehingga dapat memenuhi baku mutu lingkungan sebelum limbah dilepaskan ke lingkungan serta pengawasan dari lembaga otoritas. Pada industri tekstil penyumbang limbah terbanyak berasal dari

proses pewarnaan (Bi dkk, 2015). Zat warna industri tekstil mengandung berbagai logam berbahaya, senyawa organik, anorganik, surfaktan, pigmen dan zat aditif lainnya yang bersifat toksik dan sulit terdegradasi secara alami di lingkungan. Salah satu zat warna yang umum digunakan ialah rhodamin B. Rhodamin B memiliki sifat yang mudah larut dalam air. Jika terpapar langsung pada kulit, mata dan sistem pencernaan dapat menyebabkan iritasi, akumulasi logam-logam berbahaya pada sistem pencernaan (Prabowo, 2012).

Proses fotokatalitik merupakan salah satu alternatif pengolahan limbah cair industri. Fotokatalitik itu sendiri ialah perpaduan proses fotolisis dan bantuan katalis. Katalis yang digunakan pada penelitian ini ialah *Covalent Triazine Framework (CTF)*. CTF ialah polimer berpori yang memiliki *band gap* rendah sekitar 1,57 eV (Niu dkk, 2014). Nilai *band gap* yang rendah tersebut menunjukkan bahwa CTF bersifat semikonduktor dimana

memiliki kemampuan menghantarkan energi panas/listrik namun tidak sebaik bahan konduktor.

2. Metode dan Bahan

2.1 Alat dan Bahan

Adapun alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu *furnace*, *oven*, 250W *mercury lamp*, neraca analitik, *magnetic stirrer*, *magnetic bar*, cawan *furnace*, *sample hose*, statif, kertas saring, cawan porselein, spatula, termometer, erlenmeyer, gelas kimia (modifikasi), gelas ukur, *medical injector*, *needle injector*, *syringe filter*, *water hose*, spektrofotometer, botol sampel, dan pipet tetes. Adapun bahan yang digunakan yaitu rhodamin B, gas argon, 1,4-*dicyanobenzene* (Merck, Germany), HCl 0,1 M, ZnCl₂ (Merck, Germany) dan aquades.

2.2 Prosedur Penelitian

Variabel berubah yaitu konsentrasi awal rhodamin B 10, 20 dan 30 ppm. Sedangkan variabel tetap yaitu katalis 0,25 gram (1 g/l), temperatur 30 °C, waktu proses 120 menit dan kecepatan pengadukan 450 rpm. Larutan rhodamin B sebanyak 250 ml dimasukkan kedalam reaktor. Kedalam reaktor kemudian dimasukkan katalis sebanyak 0,125 gram (0,5 g/l). Larutan dibiarkan tanpa penyinaran dari lampu merkuri selama 20 menit, sampel larutan diambil dengan injector dan disaring menggunakan syringe filter dan ditandai sebagai waktu ke-0 (*t₀*). Setelah 20 menit, lampu merkuri dinyalakan dan waktu proses mulai dihitung selama 120 menit. Pengambilan sampel larutan dilakukan setiap 20 menit.

Konsentrasi sampel dihitung dari persamaan $C = \frac{y-b}{a}$, C = konsentrasi akhir *methylene blue* *t_n*, y = absorbansi, a dan b = konstanta nilai regresi linear kurva standar. Efisiensi degradasi (%) dihitung dari persamaan $\% = \frac{R_o - R_i}{R_o} \times 100\%$, dimana:

$$R_o = \text{dye removal } t_0$$

$$R_i = \text{dye removal } t_{120}$$

Langkah yang sama dilakukan untuk variasi 20 ppm dan 30 ppm.

3. Hasil dan Pembahasan

Performa katalis CTF dinyatakan dalam efisiensi degradasi (%) zat warna rhodamin B dan disajikan pada tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Pengaruh Konsentrasi Awal Rhodamin B terhadap Degradasi Rhod. B

Variasi (ppm)	Waktu (menit)	Efisiensi Degradasi (%)
10	120	94,790
20	120	75,368
30	120	59,393

Mekanisme pembentukan senyawa radikal yaitu ketika katalis CTF yang bersifat semikonduktor terkena radiasi sinar yang memiliki energi lebih tinggi menyebabkan eksitasi pada *conduction band* dan *valence band* sehingga menghasilkan *hole* (h_{vb}^+) dan *electron* (e_{cb}^-) (Tasbihi dkk, 2015). Pada *uji performance* kali ini senyawa radikal yang dominan ialah hidroksil radikal ($\bullet OH$) karena limbah yang didegradasi berbasis air (H_2O). Hidroksi radikal ($\bullet OH$) pada proses dihasilkan dari senyawa H_2O , OH^- dan H_2O_2 yang terkandung dalam limbah yang berbasis air. H_2O bereaksi dengan hole (h_{vb}^+) yang dilepaskan oleh katalis akan membentuk $\bullet OH$, kemudian ion OH^- dari limbah bereaksi dengan hole (h_{vb}^+) akan membentuk $\bullet OH$ dan H_2O_2 yang bereaksi dengan *electron* (e_{cb}^-) juga membentuk $\bullet OH$. Semakin banyak $\bullet OH$ yang diproduksi selama proses fotokatalitik maka semakin banyak pula rhodamin B yang terdegradasi menjadi molekul-molekul yang lebih sederhana seperti CO_2 , H_2O , SO_4^{2-} , dan NO_3^- sehingga akan meningkatkan laju degradasi secara spontan (Senthilvelan dkk., 2013).

Berdasarkan Tabel 1 menunjukkan efisiensi degradasi tertinggi 94,79% pada variasi konsentrasi rhodamin B 10 ppm. Selama proses fotokatalitik berlangsung selalu diawali dengan proses adsorpsi-desorpsi hingga titik *equilibrium* (Mehta dkk, 2018). Ketika zat warna rhodamin B

dimasukkan dalam jumlah yang besar maka adsorbat yang terkandung juga semakin banyak dan menyebabkan permukaan dan pori katalis tertutup. Penumpukkan adsorbat mengakibatkan total *active site* pada katalis juga berkurang. Hal ini kemudian akan menyebabkan menurunnya kemampuan katalis untuk memproduksi senyawa radikal $\bullet\text{OH}$ (Goyal & Kishore, 2017). Produksi $\bullet\text{OH}$ yang semakin sedikit akan memperlambat laju degradasi (Mehta dkk, 2018). Akibatnya pada uji ini degradasi rhodamin B pada variasi konsentrasi 30 ppm menjadi rendah jika dibandingkan dengan variasi konsentrasi 10 ppm.

Selain mempengaruhi total *active site* katalis, konsentrasi rhodamin B yang berlebih juga mengakibatkan terhambatnya penetrasi foton ($h\nu$) menuju katalis. Radiasi foton menuju katalis terhalang oleh kepadatan molekul-molekul rhodamin B dalam reaktor. Hal ini mengakibatkan proses eksitasi electron (e_{cb}^-) dari *valence band* menuju *conduction band* menjadi terhambat (Xiao dkk, 2015 dan Huang dkk, 2019). Eksitasi electron yang terhambat akan berdampak pada produksi $\bullet\text{OH}$ yang minim, sehingga degradasi rhodamin B menjadi tidak maksimal (Goyal & Kishore, 2017).

4. Kesimpulan

Katalis CTF menunjukkan aktivitas fotokatalitik terbaik pada konsentrasi katalis 1g/l dan konsentrasi awal rhodamin B 10 ppm dengan efisiensi degradasi sebesar 94,790% selama 120 menit.

Daftar Pustaka

Badan Pusat Statistik. *Statistik Dasar Ekspor-Impor*. November 17, 2019. <https://www.bps.go.id/subject/8/ekspor-impor.html#subjekViewTab3>

Bi, J., Fang, W., Li, L., Wang, J., Liang, S., He, Y., & Wu, L. (2015). Covalent Triazine-Based Frameworks as Visible Light Photocatalysts for the Splitting of Water. *Macromolecular*

rapid communications, 36(20), 1799-1805.

- Goyal, R., & Kishore, D. (2017). Investigation of Photocatalytic Degradation of Rhodamine B by Using NanoSized TiO_2 . *International Journal of Scientific Research and Management*, 5(7), 6006-6013.
- Huang, W., Wang, Z. J., Ma, B. C., Ghasimi, S., Gehrig, D., Laquai, F., & Zhang, K. A. (2016). Hollow nanoporous covalent triazine frameworks via acid vapor-assisted solid phase synthesis for enhanced visible light photoactivity. *Journal of Materials Chemistry A*, 4(20), 7555-7559.
- Kementerian Perindustrian Republik Indonesia. *Direktori Perusahaan Industri*. November 10, 2019. <https://kemenperin.go.id/direktori-perusahaan?what=textil&prov=0&hal=1>
- Mehta, M., Singh, A. P., Kumar, S., Krishnamurthy, S., Wickman, B., & Basu, S. (2018). Synthesis of $\text{MoS}_2\text{-TiO}_2$ nanocomposite for enhanced photocatalytic and photoelectrochemical performance under visible light irradiation. *Vacuum*, 155, 675-681.
- Niu, F., Tao, L., Deng, Y., Gao, H., Liu, J., & Song, W. (2014). A covalent triazine framework as an efficient catalyst for photodegradation of methylene blue under visible light illumination. *New Journal of Chemistry*, 38(12), 5695-5699.
- Prabowo, I. E. (2012). *Sensor Kimia Bentuk Stik Menggunakan Reagen Zn (Cns) 2 Untuk Mendeteksi Rhodamin B Dalam Sampel Makanan* (Doctoral dissertation, Universitas Airlangga).
- Senthilvelan, S., Chandraboss, V.L., Karthikeyan, B., Natanapatham, L., dan Murugavelu, M. (2013). TiO_2 , ZnO and Nanobimetallic Silica Catalyzed Photodegradation of

- Methyl Green. *Materials Science in Semiconductor Processing*, 16(1), 185-192.
- Tasbihi, M., Bendyna, J. K., & Notten, P. H. (2015). A short review on photocatalytic degradation of formaldehyde. *Journal of nanoscience and nanotechnology*, 15(9), 6386-6396.
- Xiao, H., Wang, W., Liu, G., Chen, Z., Lv, K., & Zhu, J. (2015). Photocatalytic Performances of g-C₃N₄ Based Catalysts for RhB Degradation: Effect of Preparation Conditions. *Applied Surface Science*, 358, 313-318.