

Aktivitas Material Komposit Berbasis Karbon Aktif dan Titanium Oksida (TiO₂) terhadap Degradasi Fotokatalitik Zat Warna Tekstil

Eviomitta Rizki Amanda⁽¹⁾, Yanuardi Raharjo⁽²⁾, Miratul Khasanah⁽³⁾, dan Abdoellah⁽⁴⁾

¹ Program Studi DIII Teknologi Laboratorium Medik
STIKES Rumah Sakit Anwar Medika

² Departemen Kimia Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Airlangga

¹eviomittarizki@gmail.com, ²raharjo84@gmail.com

Tersedia Online di

<http://www.jurnal.unublitar.ac.id/index.php/briliant>

Sejarah Artikel

Diterima pada 28 November 2018
Disetujui pada 12 Januari 2019
Dipublikasikan pada 20 Februari 2019
Hal. 16-21

Kata Kunci:

Degradasi fotokatalitik, *brilliant blue*, TiO₂, Karbon aktif

DOI:

<http://dx.doi.org/10.28926/briliant.v3i3.257>

Abstrak: Degradasi fotokatalitik zat warna tekstil *remazol brilliant blue* menggunakan material komposit karbon aktif dengan titanium oksida (TiO₂) kombinasi sinar UV telah berhasil dikembangkan. Penelitian dilakukan dengan mencampurkan karbon aktif dengan TiO₂ pada larutan yang mengandung zat warna *remazol brilliant blue*. Larutan kemudian di sinari dengan lampu UV dalam reaktor fotokatalitik yang dilengkapi dengan *magnetic stirrer* dan lampu UV 3 x 8 watt. Hasil degradasi kemudian dianalisis dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum (λ_{maks}) 593 nm. Beberapa parameter yang mempengaruhi degradasi fotokatalitik seperti pH larutan sampel dan waktu kontak telah dioptimasi. Hasil degradasi fotokatalitik yang optimum sebesar 89.17 % terjadi pada larutan sampel dengan pH 5.5 dengan waktu optimum degradasi ialah 180 menit.

PENDAHULUAN

Dalam beberapa tahun terakhir, permasalahan lingkungan yang disebabkan oleh pembuangan limbah cair dari industri menjadi pusat perhatian karena berkaitan dengan dampak negatif yang ditimbulkan. Salah satu limbah cair berbahaya yang saat ini meresahkan masyarakat adalah limbah cair yang mengandung pewarna tekstil. Pewarna tekstil pada umumnya merupakan senyawa organik yang memiliki gugus kromofor sebagai pembawa warna dan gugus auksokrom sebagai pengikat zat warna dengan serat kain (Mahmoud, 2007). Salah satu pewarna tekstil yang digunakan oleh industri batik adalah *remazol brilliant blue* (Dewi, 2017). Zat warna *briliant blue* dapat menimbulkan dampak merugikan bagi lingkungan, karena lingkungan mempunyai kemampuan terbatas untuk mendegradasi zat warna tersebut.

Berbagai metode pengolahan limbah zat warna dikembangkan untuk menurunkan kadar zat warna *Remazol brilliant blue* sebelum di buang ke lingkungan. Salah metode yang telah dikembangkan ialah metode degradasi secara biologi menggunakan mikroorganisme, namun proses tersebut memiliki efisiensi yang kurang memuaskan karena beberapa zat warna bersifat tahan

terhadap degradasi biologi (Manurung *et al.*, 2004). Metode lain yang telah dikembangkan untuk mengurangi konsentrasi zat warna *remazol brilliant blue* ialah metode adsorpsi menggunakan membran kitosan silika (Bokau *et al.*, 2014). Pada pH 4, hasil pengurangan zat warna *remazol brilliant blue* dengan membran kitosan silika menunjukkan nilai koefisien rejeksi sebesar 88,41%. Sedangkan penelitian lain yang dikembangkan oleh Soombon, *et al.* (2001) menunjukkan bahwa karbon aktif yang berasal dari kayu mampu mengadsorpsi zat warna *Remazol brilliant blue* sebesar 57-80%. Pada penelitian Ningrum *et al.* (2007) dengan menggunakan karbon aktif pada pH 11 dengan waktu kontak 135 menit menunjukkan penurunan intensitas zat warna *remazol brilliant blue* sebesar 88,3%. Disisi lain metode adsorpsi yang telah sukses dikembangkan untuk mengurangi zat warna *remazol brilliant blue* memiliki kelemahan diantaranya proses adsorpsi tidak dapat memecah zat warna *remazol brilliant blue*, sehingga pada akhir pengolahan limbah dihasilkan limbah baru yakni adsorben yang mengandung zat warna *remazol brilliant blue*. Berdasarkan permasalahan tersebut, maka perlu dikembangkan metode lain untuk mengurangi zat warna *remazol brilliant blue* sebelum dibuang ke lingkungan yakni kombinasi antara metode adsorpsi dengan degradasi.

Salah satu metode degradasi yang dapat digunakan untuk menurunkan konsentrasi zat warna *remazol brilliant blue* adalah metode degradasi fotokatalisis menggunakan material semikonduktor. Beberapa jenis semikonduktor yang telah dikembangkan untuk fotokatalitik adalah dari kelompok oksida seperti TiO₂, Fe₂O₃, ZnO, WO₃, atau SnO₂. Pada reaksi fotokatalitik, zat warna akan mengalami kontak dengan semi konduktor yang kemudian mengalami degradasi menjadi molekul yang lebih sederhana dengan bantuan sinar UV (Rahmawati, 2010). Pada penelitian ini digunakan TiO₂ dengan karbon aktif melalui proses pencampuran untuk mendegradasi *remazol brilliant blue*. Karbon aktif dikombinasikan dengan material pendegradasi berupa fotokatalis untuk meningkatkan kemampuan dalam mendegradasi zat warna *remazol brilliant blue*. Parameter yang dipelajari pada penelitian adalah pH larutan *remazol brilliant blue* dan waktu degradasi *remazol brilliant blue*.

METODE

Sebanyak 250 mL larutan *remazol brilliant blue* 100 ppm yang telah diukur absorbansinya diletakkan dalam gelas *Beaker*. Kemudian ke dalam larutan *remazol brilliant blue* masing-masing dimasukkan karbon aktif, TiO₂, dan campuran karbon aktif-TiO₂. Larutan *remazol brilliant blue* kemudian diradiasi dengan lampu UV sebesar 3 x 8 Watt dan bantuan pengadukan menggunakan *magnetic stirrer*. Selama penyinaran dilakukan optimasi jenis material pendegradasi, waktu degradasi dan pH larutan sampel. Larutan hasil degradasi kemudian diambil 5 mL dan di sentrifugasi untuk memisahkan adsorben dari larutan kemudian diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis dengan panjang gelombang 593 nm. Besarnya persentase *remazol brilliant blue* yang terdegradasi dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut:

$$\text{degradasi} = \frac{\text{Absorbansi sebelum degradasi} - \text{absorbansi setelah degradasi}}{\text{Absorbansi sebelum degradasi}} \times 100\%$$

HASIL

A. Optimasi jenis material pendegradasi

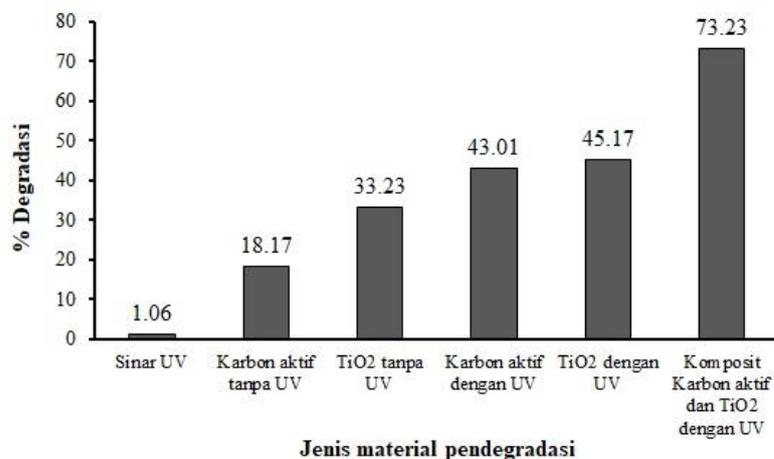
Pada optimasi jenis material pendegradasi dilakukan dengan menyiapkan 6 larutan sampel pH 7 dengan konsentrasi 50 ppm sebanyak 250 ml. Kedalam masing-masing larutan sampel dilakukan variasi degradasi yaitu degradasi dengan UV, karbon aktif tanpa UV, TiO₂ tanpa UV, karbon aktif dengan UV, TiO₂ dengan UV, dan material komposit karbon aktif-TiO₂ dengan UV. Proses degradasi dilakukan selama 30 menit dalam reaktor fotokatalitik. Hasil optimasi jenis material pendegradasi dapat ditunjukkan pada Gambar 1.

B. Optimasi pH larutan sampel

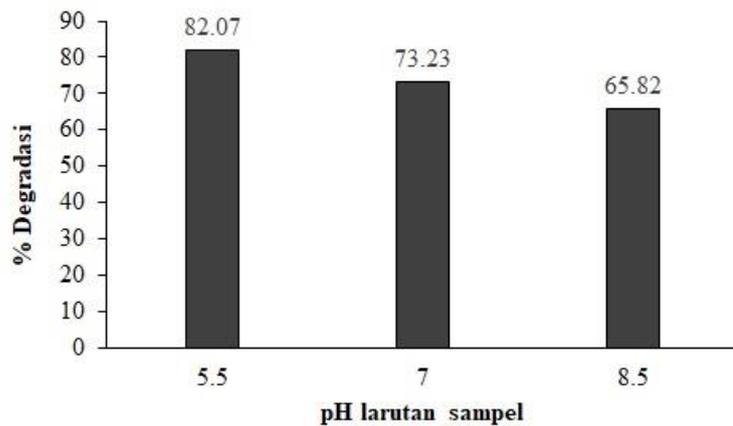
Optimasi pH dilakukan dengan menyiapkan 3 larutan sampel dengan konsentrasi 50 ppm sebanyak 250 ml. masing-masing larutan sampel memiliki pH yang berbeda dengan variasi 5.5; 7; dan 8.5 yang masing-masing mewakili kondisi asam, netral, dan basa. Proses degradasi fotokatalitik dilakukan menggunakan material komposit karbon aktif dan TiO₂ dengan bantuan sinar UV dalam reaktor fotokatalitik selama 30 menit. Hasil optimasi pH ditunjukkan pada Gambar 2.

C. Optimasi waktu degradasi

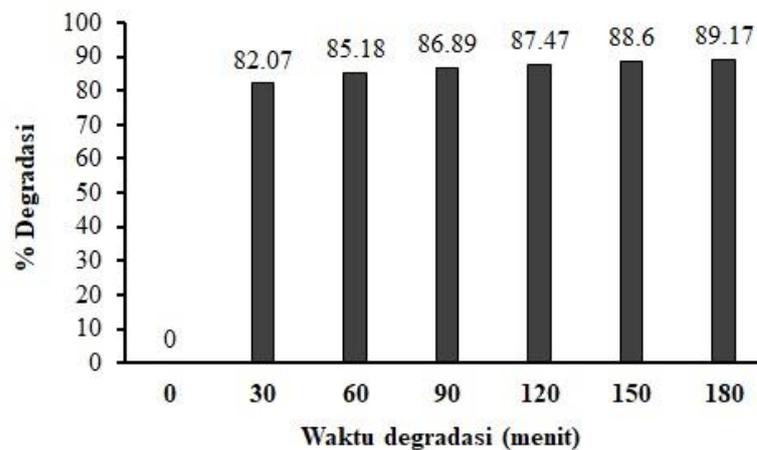
Optimasi waktu degradasi zat warna *remazol brilliant blue* dilakukan dengan menyiapkan 1 larutan sampel dengan konsentrasi 50 ppm sebanyak 250 ml. Larutan sampel kemudian dimasukkan dalam reaktor untuk proses degradasi fotokatalitik. Pada setiap variasi waktu (0, 30, 60, 90, 120, 150, dan 180 menit) larutan sampel diambil sebanyak 5 mL untuk dianalisis persentase degradasinya. Hasil optimasi waktu degradasi ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 1. Optimasi jenis material pendegradasi



Gambar 2. Optimasi pH larutan sampel



Gambar 3. Optimasi waktu degradasi

PEMBAHASAN

A. Optimasi jenis material pendegradasi

Berdasarkan Gambar 1, diketahui bahwa persentase degradasi optimum ditunjukkan oleh material pendegradasi komposit karbon aktif dan TiO_2 kombinasi sinar UV yakni sebesar 73.23%. Material komposit yang digunakan ialah campuran 0.125 gram karbon aktif dan 0.125 gram TiO_2 . Sinar UV menunjukkan persentase degradasi terendah terhadap *remazol brilliant blue*. Penambahan adsorben karbon aktif menunjukkan peningkatan persentase hasil degradasi yang signifikan. Hal ini disebabkan karena adanya penambahan karbon aktif mampu mengabsorpsi zat warna *remazol brilliant blue* pada pori-pori karbon aktif. Peningkatan persentase degradasi yang signifikan ditunjukkan pada penggunaan material komposit karbon aktif dan TiO_2 dengan sinar UV. TiO_2 merupakan semikonduktor yang apabila disinari oleh sinar UV, elektron valensinya akan tereksitasi membentuk *hole* (h^+). Adanya h^+ dapat mengoksidasi H_2O dari larutan *remazol brilliant blue* menjadi radikal hidroksil ($\bullet\text{OH}$). Radikal hidroksil merupakan spesi yang pengoksidasi yang kuat untuk zat warna organik seperti *remazol brilliant blue* (Vohra, 2006). Hasil akhir oksidasi zat warna *remazol brilliant blue* ialah CO_2 , H_2O , NH_4^+ , dan SO_4^{2-} (Liu, 2006).

Penggunaan material komposit karbon aktif dan TiO_2 dengan bantuan sinar UV menunjukkan bahwa dalam peristiwa degradasi zat warna *remazol brilliant blue* mengalami absorpsi dan degradasi fotokatalitik yang berlangsung bersamaan secara berkelanjutan, sehingga material komposit ini digunakan untuk optimasi parameter selanjutnya.

B. Optimasi pH larutan sampel

Berdasarkan Gambar 2, diketahui bahwa persentase degradasi fotokatalitik zat warna *remazol brilliant blue* yang optimum terjadi pada pH 5.5 atau dalam suasana asam. Hal ini disebabkan karena pori-pori karbon aktif dapat terbuka dan bekerja optimum pada suasana asam sehingga pada pH 5.5 lebih banyak zat warna *remazol brilliant blue* yang terabsorpsi. pH merupakan faktor yang penting dalam proses adsorpsi zat warna yang berperan untuk mengaktifkan permukaan adsorben dan ionisasi gugus fungsi pada zat warna (Salisu, 2015). pH asam juga berpengaruh terhadap pembentukan radikal hidroksida pada TiO_2 . Pada pH asam menuju netral H_2O membentuk H^+ dan OH^- yang mana OH^- dapat bereaksi dengan h^+ membentuk radikal hidroksida yang berperan dalam proses degradasi zat warna *brilliant blue* (Dewi, 2015). Peningkatan pH juga berpotensi menghasilkan lebih banyak ion OH^- dan meningkatkan jumlah radikal hidroksil, namun dalam pH basa, radikal lebih muda berikatan membentuk senyawa baru dengan radikal yang bebas yang lain (Ghozali, *et al.*, 2012). pH asam juga terbukti dapat menaikkan persentase penyerapan karbon aktif terhadap *remazol brilliant blue* karena pori-pori karbon aktif akan bekerja maksimum dalam pH asam.

C. Optimasi waktu degradasi

Berdasarkan Gambar 3, diketahui bahwa semakin meningkatnya waktu degradasi maka semakin meningkat persentase degradasi. Hal ini terjadi karena semakin lama kontak antara zat warna dengan material komposit dalam reactor yang disinari dengan UV, maka akan semakin banyak h^+ yang bereaksi dengan gugus hidroksil menghasilkan radikal hidroksil yang berperan dalam degradasi molekul zat warna (Diantariani, 2016). Namun besaran persen degradasi pada menit ke 150 dan 180 tidak mengalami peningkatan persentase degradasi yang signifikan. Hal ini disebabkan karena permukaan karbon aktif telah jenuh. Demikian pula dengan TiO_2 , dimana eksitasi pembentukan h^+ akibat sinar UV tidak maksimal dalam kurun waktu tertentu akibat energy sinar UV tidak sama atau lebih besar dari *band gap* semikonduktor (Diantarini, 2016). Berkurangnya h^+ akan menurunkan kemampuan TiO_2 dalam mengoksidasi zat warna *remazol brilliant blue*.

KESIMPULAN

Material komposit berbahan karbon aktif dan TiO_2 kombinasi sinar UV berhasil digunakan sebagai material pendegradasi zat warna *remazol brilliant blue*. Besarnya persentase degradasi yang ditunjukkan oleh material komposit tersebut pada kondisi optimum sebesar 89.17%. Hasil optimasi parameter degradasi diperoleh bahwa pH optimum untuk degradasi ialah pH 5.5 dengan lama waktu degradasi ialah 180 menit.

SARAN

Perlu dilakukan penelitian lanjutan tentang metode pemisahan material komposit pada akhir proses degradasi serta aplikasi material komposit yang dikembangkan pada sampel limbah industri tekstil yang mengandung campuran zat warna.

DAFTAR RUJUKAN

- Dewi, M. A. K., Suprihatin, I. E., dan Sibarani, J. 2017. Fotodegradasi zat warna Remazol brilliant Blue Dengan Bentonit Terimpregnasi Fe_2O_3 . *Jurnal Kimia*. 11: 82-87.
- Diantariani, N. P., Suprihatin, I. E. dan Widihati, I. A. G., 2016, Fotodegradasi zat warna tekstil methylene blue dan congo red menggunakan komposit ZnO-AA dan sinar UV, *Jurnal Kimia*, 10 (1): 133-140.
- Ghozali, A. I., Sugiyo, W. dan Latifah. 2012. Fotodegradasi Zat Warna Remazol Red Menggunakan Katalis $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3/\text{Fe}_3\text{O}_4$ Core Shell Nanostruktur. *Indo. J. Chem. Sci.*, 1 (1): 79-84.
- Liu, J., Yang, and R., Li, S. 2006. Preparation and application of efficient TiO_2/ACFs photocatalyst. *J. Environ. Sci.*, 5: 979-982.
- Mahmoud, A. S. 2007. Influence of temperature and ph on the stability and colorimetric measurement of textile dyes. *American J. of Biotech and Biochem.* 3: 33-41.
- Manurung, R., Rosdanelli H., dan Irvan. 2004. Perombakan zat warna azo reaktif secara anaerob-aerob. *Skripsi*, Teknik Kimia, Universitas Sumatra Utara, Medan, 3-12.
- Ningrum, L., Retno. dan Rahmat, N. 2008. Dekolorisasi brilliant blue dengan menggunakan karbon aktif. *Skripsi* Universitas Diponegoro, Semarang.
- Rahmawati, Z. 2010. Deposisi lapisan tipis titanium dioxide (TiO_2) di atas substrat gelas dengan metode spray-coating untuk aplikasi penjernihan air polder tawang. *Skripsi*, Jurusan Fisika, FMIPA, UNDIP, Semarang, 3-5.
- Salisu, A., Sanagi, M. M., Naim, A. A., Karim, K.J. 2015. Removal of methylenen blue dye from aqueous solution using alginate grafted polyacrylonitrile beads. *Der pharma chemical*. 7 (2): 27-242.
- Somboon, W., Mutitamongkol, P., and Tanpaiboonkul, P. 2001. *Removal of colored wastewater generated from hand-made textile weaving industry*. Department of Chemistry, Faculty Science, King Mongkut University of Tecnology, 3-7.
- Vohra, A., D. A. Desphande, and S.S Block. 2006. Enhanced photocatalytic disinfection of indoor air. *Appl. Catal. B: Environ.* 65: 57-65.