

PENGARUH KOMPOSISI TiO₂-BENTONIT TERHADAP DEGRADASI METILEN BIRU

Angga Fahmi Rayendra, Sri Wardhani, Rachmat Triandi Tjahjanto

*Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya Jl. Veteran
Malang 65145*

*Alamat korespondensi, Tel : +62-341-575838, Fax : +62-341-575835

Email: wardhani@ub.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi TiO₂ dalam bentonit terhadap konstanta laju dan efektivitas penggunaan kembali (*reuse*) fotokatalis TiO₂-bentonit pada degradasi zat warna metilen biru menggunakan radiasi sinar ultraviolet. Larutan metilen biru 10 mg/L pH 7 sebanyak 25 mL ditambah 50 mg fotokatalis TiO₂-bentonit dengan variasi komposisi 0,2;0,4;0,8 ; dan 1,2 g/g bentonit disinari dengan lampu UV selama 10, 20, 30, 40, dan 50 menit. Dan uji penggunaan kembali (*reuse*) fotokatalis TiO₂-bentonit dilakukan dengan memisahkan fotokatalis sisa proses degradasi, dicuci, dikeringkan dan digunakan kembali untuk proses degradasi selanjutnya. Analisis penentuan absorbansi metilen biru dilakukan secara spektrometri pada panjang gelombang 663 nm. Hasil menunjukkan bahwa konstanta laju degradasi metilen biru tertinggi dicapai pada komposisi TiO₂-bentonit 0,4 g/g bentonit. Hasil uji *reuse* menunjukkan bahwa fotokatalis TiO₂-bentonit dapat efektif digunakan sampai pemakaian ke-empat.

Kata kunci : metilen biru, TiO₂-bentonit, fotodegradasi

ABSTRACT

The aim of this research is to know the influence of TiO₂ composition in bentonite about rate constant and reuse effectiveness of TiO₂-bentonite photocatalyst for methylene blue dye photodegradation by ultraviolet radiation. 25 mL methylene blue solution 10 mg/L pH 7 added by 50 mg TiO₂-bentonite photocatalyst with composition variation 0,2 ; 0,4 ; 0,8 ; and 1,2 g/g bentonite, irradiated by UV lamp in 10, 20, 30, 40, and 50 minutes. And reuse test of TiO₂-bentonite photocatalyst was done by separating, cleaning, drying and using again for next degradation process. Determination analysis of methylene blue absorbance was done by spectrophotometry at wave length 663 nm. Result show that highest degradation rate constant of methylene blue reached at TiO₂-bentonite composition 0,4 g/g bentonite. And result of reuse test show that TiO₂-bentonite photocatalyst can be used until four times.

Keywords : methylene blue, TiO₂-bentonite, photodegradation

PENDAHULUAN

Berkembangnya industri tekstil memberikan beberapa dampak negatif terhadap lingkungan khususnya perairan, karena dalam proses pewarnaannya menggunakan pewarna seperti metilen biru dalam jumlah yang cukup besar. Lebih dari 100.000 pewarna yang tersedia secara komersial dengan perkiraan setiap tahunnya diproduksi lebih dari 70.000 ton, dimana 15% yang hilang selama proses pewarnaan akan menjadi limbah dan banyak ditemukan dalam aliran limbah industri. Hal ini menjadi permasalahan yang sangat serius bagi kesehatan manusia dan bahkan menjadi ancaman bagi ekosistem air [1].

Salah satu cara menanggulangi pencemaran yang disebabkan oleh zat warna organik seperti metilen biru yaitu menggunakan metode *advanced oxidation processes* (AOPs) yang didalamnya terdapat proses fotokatalitik dengan menggunakan fotokatalis TiO_2 yang dapat menghasilkan spesi yang sangat reaktif yaitu radikal hidroksil ($\bullet\text{OH}$), yang bertujuan untuk mengoksidasi ataupun mendegradasi pengotor organik [1].

Kemampuan degradasi dari TiO_2 dapat ditingkatkan dengan cara diimbangkan pada suatu mineral alam sehingga memiliki fungsi ganda yaitu sebagai adsorben dan fotokatalis [2]. Bentonit merupakan mineral yang dapat digunakan untuk memperluas sisi aktif fotokatalis. Permukaan dan pori-pori bentonit alam dapat diperbesar melalui aktivasi asam. Tujuan dari aktivasi asam ini adalah untuk menukar kation Na^+ yang ada dalam Na-bentonit menjadi ion H^+ dan melepaskan ion Al, Fe, dan Mg serta pengotor lainnya dari kisi struktur, sehingga bentonit tersebut menjadi lebih aktif [3].

Penelitian ini memaparkan pengaruh berbagai variasi komposisi TiO_2 -bentonit, serta efektivitas penggunaan kembali (*reuse*) fotokatalis pada proses fotodegradasi zat warna metilen biru.

METODA PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan-bahan kimia yang digunakan dalam penelitian ini adalah bentonit jenis Na-bentonit, TiO_2 (teknis), metilen biru (Unichem), etanol 96 % , HCl 37% (b/b), dan aquades.

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah peralatan gelas terdiri dari peralatan gelas; penggerus porselin; ayakan 150 dan 200 mesh; oven merk Fisher scientific Isotemp oven model 655 F; tanur; pengaduk magnetic; kertas saring Whatman No.41; timbangan merk Mettler PE 300; shaker rotator type H-SR-200; dan fotoreaktor yang terdiri dari dua lampu UV Sankyo 10 watt λ 325 nm.

Prosedur Preparasi TiO_2 Terimpregnasi pada Bentonit (TiO_2 -bentonit)

Impregnasi fotokatalis TiO_2 -bentonit dibuat dalam berbagai variasi komposisi yaitu 0,2; 0,4; 0,8 dan 1,2 g/ 1 g bentonit. Impregnasi dilakukan dengan menambahkan masing-masing 0,2; 0,4; 0,8 dan 1,2 g TiO_2 kedalam gelas kimia 100 mL yang telah terisi 1 g bentonit yang telah diaktivasi. Kemudian, kedalam masing-masing gelas ditambah dengan 6 mL etanol 96% sambil diaduk dengan pengaduk magnet selama lima jam. TiO_2 -bentonit yang telah diaduk dikeringkan dalam oven pada temperature 120°C selama lima jam. Setelah kering,

kemudian digerus sampai halus menggunakan mortar dan diayak menggunakan ayakan 150 mesh. Kemudian TiO₂-bentonit dikalsinasi pada temperature 500°C selama lima jam

Uji efektivitas fotokatalis TiO₂-bentonit terhadap peningkatan fotodegradasi larutan metilen biru

Empat buah gelas kimia diisi larutan metilen biru 10 mg/L sebanyak 25 mL dengan kontrol perlakuan yang berbeda, yaitu masing-masing gelas kimia berisi larutan metilen biru dan 50 mg fotokatalis TiO₂-bentonit; berisi metilen biru dan 50 mg TiO₂; berisi metilen biru dan 50 mg fotokatalis bentonit; dan berisi larutan metilen biru saja, kemudian dilakukan tahap fotodegradasi ke dalam fotoreaktor selama 50 menit. Setelah 50 menit gelas kimia diambil dari fotoreaktor. Filtrat diencerkan dan diukur absorbansinya dengan spektrometri UV pada panjang gelombang absorbansi maksimum. Untuk mengetahui pengaruh fotokatalis pada kondisi gelap, dilakukan hal yang sama seperti prosedur di atas, dengan waktu 50 menit, tanpa penyinaran dengan lampu UV.

Pengaruh komposisi fotokatalis terhadap konstanta laju degradasi larutan metilen biru

Sebanyak 25 mL larutan metilen biru 10 mg/L dengan pH 7 dimasukkan ke dalam 5 gelas kimia 50 mL berbeda. Kemudian 50 mg fotokatalis TiO₂-Bentonit dengan komposisi 0,2 g/g bentonit ditambahkan ke dalam masing-masing gelas kimia dan diaduk hingga homogen. Gelas kimia selanjutnya dimasukkan ke dalam reaktor UV selama 50 menit. Setiap 10 menit, satu gelas kimia diambil. Filtrat dipipet sebanyak 5 mL dan diencerkan dengan akuades dalam labu takar 25 mL hingga tanda batas. Absorbansi larutan kemudian diukur menggunakan spektrometri UV pada panjang gelombang absorbansi maksimum. Hal yang sama dilakukan untuk komposisi TiO₂-bentonit yang lainnya (0,4; 0,8; dan 1,2 g/g bentonit). Komposisi optimum TiO₂-bentonit diperoleh berdasarkan konstanta laju yang paling besar. Perlakuan diulang sebanyak dua kali.

Penggunaan kembali (*reuse*) fotokatalis TiO₂-bentonit terhadap persentase degradasi larutan metilen biru

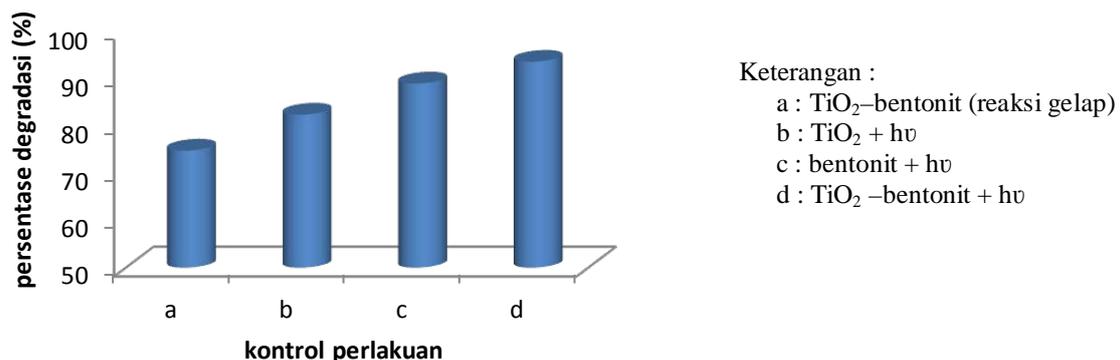
Sebuah gelas kimia diisi dengan 25 mL larutan metilen biru 10 mg/L dengan pH 7 dan ditambah fotokatalis TiO₂-bentonit dengan komposisi (optimum) yaitu 0,4 g/g bentonit. Selanjutnya dilakukan penyinaran menggunakan sinar ultraviolet (UV) di dalam fotoreaktor selama 50 menit dan diukur absorbansi larutan metilen biru hasil fotodegradasi. Fotokatalis

sisa proses dipisahkan dari larutan metilen biru dan dilakukan pencucian beserta pengocokan dengan *shaker* kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 100 °C. Fotokatalis yang telah dicuci dan dikeringkan digunakan kembali untuk fotodegradasi larutan metilen biru dengan konsentrasi yang sama dan prosedur yang sama.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji fotodegradasi larutan metilen biru pada berbagai kondisi reaksi

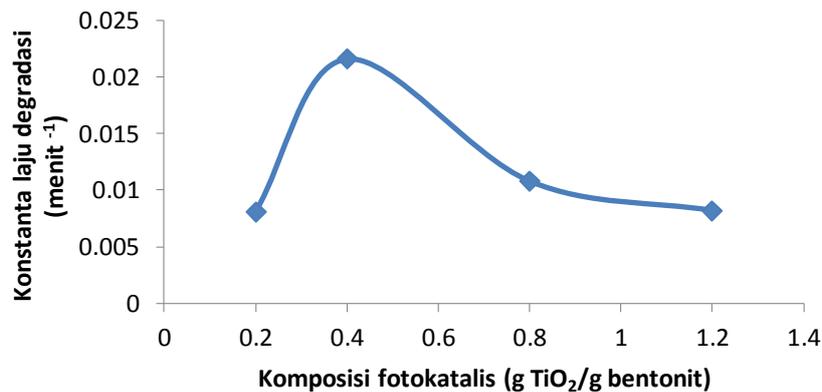
Gambar 1 memperlihatkan bahwa fotokatalis TiO₂-bentonit di bawah radiasi UV terbukti menunjukkan persentase degradasi paling tinggi pada degradasi larutan metilen biru. Karena fotokatalis berperan untuk meningkatkan produksi radikal OH pada daerah pita valensi TiO₂, sehingga semakin banyak radikal OH yang terbentuk, maka proses degradasi juga akan berjalan lebih maksimal [4]. Kemudian dengan penambahan bentonit saja dapat menurunkan konsentrasi larutan metilen biru sebesar 88,89%. Hal tersebut disebabkan keberadaan Fe₂O₃ sebagai bahan semikonduktor yang masih terkandung dalam bentonit teraktivasi sehingga dapat menyebabkan terjadinya fotodegradasi pada zat warna metilen biru pada saat bentonit disinari dengan sinar UV [5]. Penurunan konsentrasi larutan metilen biru yang telah ditambahkan fotokatalis TiO₂-bentonit adalah sebesar 74,72% meskipun tidak diberikan penyinaran dengan sinar UV. Hal ini menjelaskan bahwa penurunan konsentrasi larutan metilen biru terjadi karena adanya proses adsorpsi. Selain sebagai material pengemban TiO₂, bentonit juga berperan mengadsorpsi larutan metilen biru [6].



Gambar 1 Diagram hubungan kontrol perlakuan fotokatalis terhadap persentase degradasi **Pengaruh komposisi fotokatalis TiO₂-bentonit terhadap konstanta laju fotodegradasi metilen biru di bawah radiasi ultraviolet**

Hasil penelitian yang berkaitan dengan pengaruh jumlah TiO₂ terimpregnasi ke dalam bentonit menunjukkan bahwa dengan semakin banyaknya TiO₂ yang terimpregnasi kedalam

bentonit tidak selalu meningkatkan laju degradasi metilen biru, melainkan ada jumlah tertentu dari TiO_2 yang harus diembankan ke dalam bentonit sehingga akan menghasilkan fotokatalis TiO_2 -bentonit dengan laju degradasi yang optimum. Komposisi optimum dari fotokatalis TiO_2 -bentonit dapat diamati dari nilai konstanta laju degradasi yang paling besar, Seperti yang disajikan pada gambar 2:



Gambar 2 kurva hubungan komposisi fotokatalis terhadap konstanta laju degradasi

Gambar 2 menunjukkan bahwa komposisi optimum fotokatalis TiO_2 -bentonit adalah 0,4 g/g bentonit. Hal tersebut disebabkan karena jumlah logam Ti yang terembankan pada bentonit mempunyai komposisi yang sesuai atau tidak terlalu banyak, sehingga sisi aktif dari fotokatalis mengalami peningkatan dan menghasilkan radikal OH yang lebih banyak, dengan jumlah radikal OH yang semakin banyak maka proses degradasi metilen biru juga berjalan lebih sempurna. Selain itu fotokatalis dengan komposisi 0,4 g/g bentonit merupakan komposisi yang paling baik karena mempunyai aktivitas adsorpsi dan fotokatalitik yang seimbang, oleh karena itu degradasi zat warna dapat berjalan lebih sempurna. Kemudian pada komposisi TiO_2 0,6 dan 0,8 dan 1,2 g/g bentonit, persentase degradasinya mengalami penurunan. Hal ini terjadi karena adanya sintering, yaitu penggabungan partikel pada temperatur tinggi, sehingga dapat menyebabkan terjadinya penurunan permukaan efektif logam. Sintering atau penggumpalan dapat disebabkan oleh banyaknya kadar logam yang diimpregnasikan ke dalam pengemban [7].

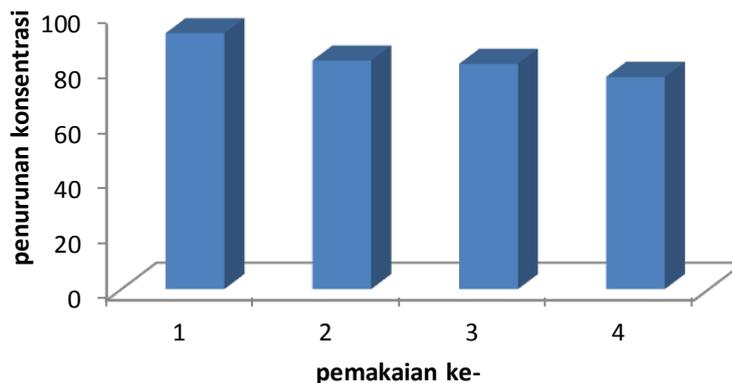
Uji efektivitas penggunaan kembali (*reuse*) fotokatalis TiO_2 -bentonit terhadap persentase degradasi larutan metilen biru

Hasil uji efektivitas pemakaian kembali fotokatalis TiO_2 -bentonit untuk mendegradasi metilen biru tersaji pada Tabel 1 dan gambar 3, yang menunjukkan pemakaian ke-1, ke-2, ke-3 dan ke-4. Pada pemakaian ke-2 dan ke-3 terjadi penurunan persentase degradasi yang hampir

sama yaitu sebesar 11,09 dan 11,95% terhadap pemakaian pertama. Dan pada pemakaian ke-4 terjadi penurunan persentase degradasi yang lebih besar yaitu 17,07 % terhadap pemakaian pertama. Terjadinya penurunan persentase degradasi pada uji penggunaan kembali (*reuse*) ini disebabkan adanya senyawa metilen biru yang masih teradsorpsi dalam bentonit dan sulit terdesorpsi meskipun dilakukan pencucian [8].

Tabel 1 Persentase degradasi larutan metilen birupada uji *reuse* fotokatalis TiO₂-bentonit

Pemakaian ke-	Degradasi (%)	Penurunan (%) terhadap Pemakaian Pertama
1	92,53	0
2	82,28	11,09
3	81,49	11,95
4	76,75	17,07



Gambar 3 Diagram hubungan penggunaan kembali (*reuse*) fotokatalis TiO₂-bentonit terhadap persentase degradasi larutan metilen biru

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dengan nilai konstanta laju maka dapat disimpulkan bahwa TiO₂-bentonit dengan komposisi 0,4 g/g bentonit merupakan komposisi optimum dari fotokatalis dengan nilai konstanta laju 0,0216 menit⁻¹ yang mempunyai kemampuan paling baik untuk mendegradasi zat warna metilen biru. Fotokatalis ini dapat digunakan hingga pemakaian ke-empat dengan persentase degradasi yang masih cukup tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

1. Khettae, A. R., Kasiri, M. B, 2010, *Photocatalyst Degradation of Organik dyes in the Presence of nano structured titanium dioxide: influence of the chemical structure of dyes.* *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical* 328 (2010) 8–26.
2. Ramadhana, A. K. K., Wardhani, S., Purwonugroho, D, 2013, *Fotodegradasi zat warna methyl orange menggunakan TiO₂-zeolit dengan penambahan ion persulfat*, skripsi, FMIPA, Universitas Brawijaya.
3. Larosa, Y. N, 2007, *Studi Pengetsaan Bentonit Terpillar-Fe₂O₃*. FMIPA, Universitas Sumatra Utara, Medan.
4. Fujishima, A., Zhang, X., Tryk D, A, 2008, *TiO₂ photocatalysis and related surface phenomena*, *Surface Science Reports* 63 (2008) 515_582, japan.
5. Ariyanti, D. S, 2012, *Pengaruh Penambahan Oksidator H₂O₂ terhadap Degradasi Zat Warna Methyl Orange dengan Fotokatalis ZnO-Zeolit*, *Skripsi*, Fakultas Matematika dan Ilmu pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya.
6. Joshi, K. M., and Shrivastava, V. S., 2010, *Removal of Hazardious Textile Dyes from Aqueous Solution by using Commercial Activated Carbon with TiO₂ and ZnO as Photocatalyst*, *International Journal of ChemTech Research*, 1, 2, 427-435, Department of P.G. Studies and Research in Chemistry G.T.P. College, India.
7. Zuhriah, S, 2011, *Degradasi Zat Warna Methyl Orange menggunakan Fotokatalis ZnO-Zeolit dengan Sinar UV*, *Skripsi*, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan, Universitas Brawijaya, Malang
8. Damayanti, C. A., Wardhani, S, Purwonugroho, D, 2014, *Pengaruh Konsentrasi TiO₂ Dalam Zeolit Terhadap Degradasi Methylene Blue Secara Fotokatalitik*, *Kimia Student Journal*, Vol. 1, No. 1, pp. 8-14, Universitas Brawijaya Malang.