

Studi Pengaruh Penambahan Hidrogen Peroksida (H₂O₂) Terhadap Degradasi *Methylene Blue* Menggunakan Fotokatalis TiO₂ – Bentonit

Arif Suhernadi, Sri Wardhani*, dan Danar Purwonugroho

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

*Alamat korespondensi, Tel : +62-341-575838, Fax : +62-341-575839

Email: wardhani@ub.ac.id

ABSTRAK

Fotokatalis merupakan bahan yang mampu mempercepat laju reaksi oksidasi maupun reduksi melalui suatu reaksi fotokimia. Tujuan dari penelitian ini adalah mengkaji pengaruh penambahan H₂O₂ dan lama penyinaran terhadap fotodegradasi *methylene blue* menggunakan fotokatalis TiO₂-bentonit. Fotodegradasi dilakukan menggunakan larutan *methylene blue* 10 mg/L sebanyak 25 mL dan fotokatalis sebanyak 50 mg dengan variasi penambahan H₂O₂ sebanyak 0,1; 0,2; 0,3; 0,4 ; 0,5 dan 0,75 mL dan variasi lama penyinaran selama 20, 30, 40, 50 dan 60 menit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa fotodegradasi *methylene blue* tertinggi terjadi pada penambahan H₂O₂ sebanyak 0,2 mL dan lama penyinaran 60 menit dengan prosentase degradasi sebesar 93,93%.

Kata Kunci : bentonit, TiO₂, *methylene blue*, hidrogen peroksida(H₂O₂), fotodegradasi.

ABSTRACT

Photocatalyst is a material that is able to accelerate the reaction rate of oxidation or reduction through a photochemical reaction. The aims of this study was examine the influence of addition of H₂O₂ and duration of irradiation against photodegradation of methylene blue using TiO₂-bentonite. Photodegradation was carried out with 10 mg/L at 25 mL of methylene blue and 50 mg of photocatalyst with variation of H₂O₂ addition of 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5 dan 0,75 mL and variations of irradiation duration of 20, 30, 40, 50 and 60 minute. The result showed that the highest fotodegradation of methylene blue occurred in the addition of 0,2 mL of H₂O₂ and irradiation duration of 60 minute with 93,93 % of degradation percentage.

Keywords : bentonite, TiO₂, methylene blue, hydrogen peroxyde (H₂O₂), photodegradation.

PENDAHULUAN

Zat warna merupakan senyawa organik yang sukar terurai, bersifat resisten dan toksik[1]. Zat warna tekstil umumnya dibuat dari senyawa azo dan turunannya yang

merupakan gugus benzena dengan sifat *non-biodegradable*[2]. Untuk mengatasi hal tersebut maka dibutuhkan alternatif baru yang mampu mengolah limbah zat warna organik secara simultan dengan fotodegradasi melalui proses fotokatalis[3]. Fotokatalis yang banyak digunakan yaitu TiO_2 dikarenakan memiliki aktifitas yang tinggi serta band gap energi sebesar 3,2 eV [4]. Fotokatalis dapat ditingkatkan dengan pengemban pada material pendukung salah satunya adalah bentonit[5]. Bentonit dapat digunakan sebagai pengabsorpsi, untuk itu perlu dilakukan aktivasi menggunakan asam (HCl , H_2SO_4 dan HNO_3) sehingga dihasilkan lempung yang memiliki absorpsi yang lebih tinggi[6]. Dan Penambahan H_2O_2 juga dapat meningkatkan konsentrasi radikal hidroksil[7]. Waktu radiasi pada proses fotodegradasi akan meningkatkan jumlah zat warna yang terdegradasi[1].

METODOLOGI PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan bentonit, TiO_2 (Teknis) akuades, AgNO_3 , HCl (37%, bj= 1,19 g/mL), zat warna *methylene blue* (MB) (Unichem), etanol 96% teknis H_2O_2 (30 % bj=1.11 g/mL). Alat – alat yang digunakan peralatan gelas, cawan porselen, mortal, ayakan berukuran 120 dan 150 mesh, *oven*, desikator, tanur, neraca analitik metler, *shaker* wiseshake SHO-2D, kertas saring, pipet ukur (5mL, 10mL), pipet volume (10mL), pipet tetes, gelas beker (50mL, 250mL, 80 mL), labu erlenmeyer (250mL) elemeyer (80 mL), dan labu ukur (25mL, 1000 mL); pengaduk magnetic, kertas saring Whatman No.41; timbangan merk Mettler PE 300; *shaker* rotator type H-SR-200, dan Instrumen UVmini-1240 shimadzu.

Impregnasi Fotokatalis TiO_2 pada Bentonit

Bentonit yang sudah teraktifasi ditimbang sebanyak 3 gram, ditambahkan 0,4 gram TiO_2 , ditambahkan etanol 96%, diaduk dengan *magnetic stirer* selama 4 jam, dikeringkan dalam oven pada temperatur $110\text{ }^\circ\text{C}$ selama 2 jam. dimasukkan dalam desikator selama 2 jam, dihaluskan menggunakan penggerus mortal, dikalsinasi selama 5 jam pada temperatur $500\text{ }^\circ\text{C}$, didinginkan dalam desikator selama 2 jam.

Efektivitas Penggunaan Fotokatalis TiO_2 -Bentonit dan H_2O_2 Pada Fotodegradasi Zat Warna *Methylene blue* Menggunakan Radiasi Sinar Ultraviolet.

Methylene blue sebanyak 25 mL dengan konsentrasi 10 mg/L diisikan pada empat buah gelas beker 80 mL dengan kontrol perlakuan yang berbeda, gelas pertama ditambahkan 0,1

mL aquades, gelas kedua ditambahkan 0,1 mL H₂O₂, gelas ketiga ditambahkan 50 mg TiO₂-bentonit dan 0,1 mL aquades, gelas keempat ditambahkan 50 mg TiO₂-bentonit dan 0,1 mL H₂O₂. dimasukkan ke dalam reaktor UV selama 60 menit. Filtrat diukur absorbansinya menggunakan pada panjang gelombang 663 nm.

Penambahan H₂O₂ Terhadap Fotodegradasi Larutan *Methylene Blue* .

TiO₂-bentonit sebanyak 50 mL ditambahkan 25 mL *methylen blue* 10 mg/L, gelas pertama tanpa penambahan H₂O₂ dan 0,75 mL aquades, gelas kedua ditambahkan 0,1 mL H₂O₂ dan 0,65 mL aquades, gelas ketiga ditambahkan 0,2 mL H₂O₂ dan 0,55 mL aquades, gelas keempat ditambahkan 0,3 mL H₂O₂ dan 0,45 mL aquades, gelas kelima ditambahkan 0,4 mL H₂O₂ dan 0,35 mL aquades, gelas keenam ditambahkan 0,5 mL H₂O₂ dan 0,25 mL aquades, gelas ketujuh ditambahkan 0,75 mL H₂O₂ tanpa aquades, dimasukkan ke dalam reaktor UV selama 60 menit. Filtrat diukur absorbansinya pada panjang gelombang 663 nm.

Pengaruh Lama Penyinaran Terhadap Proses Fotodegradasi Zat Warna *Methylene Blue*

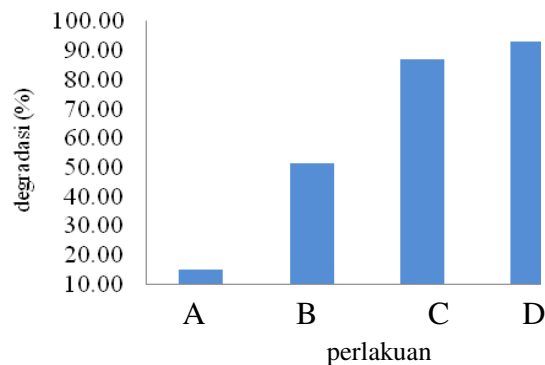
TiO₂-bentonit sebanyak 50 mL ditambahkan 25 mL *methylen blue* 10 mg/L dengan penambahan 0,2 mL H₂O₂ dan 0,55 mL aquades, dilakukan penyinaran menggunakan sinar ultraviolet (UV) di dalam fotoreaktor dengan lama penyinaran selama 20, 30, 40, 50, 60 menit. Filtrat diukur absorbansinya pada panjang gelombang 663 nm.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan Pembuatan fotokatalis TiO₂-bentonit

Aktivasi bentonit dilakukan dengan menggunakan HCl 0,4 M yang bertujuan untuk terjadinya pertukaran kation antara ion H⁺ dengan ion-ion K⁺, Na⁺, dan Ca²⁺ pada daerah interlayer dan bertujuan menghilangkan ion-ion logam pengotor seperti Al³⁺, Fe³⁺, dan Mg²⁺ yang menutupi sisi aktif pada daerah interlayer[8]. Impregnasi TiO₂ pada bentonit teraktivasi untuk memperoleh fotokatalis dengan kemampuan ganda antara adsorpsi dan katalisis dalam mendegradasi zat warna *methylene blue* secara fotokimia[4]. TiO₂-bentonit dikeringkan dalam oven pada temperatur 120 °C. TiO₂-bentonit yang telah kering digerus dan diayak dengan ukuran 120 mesh. dilakukan kalsinasi pada temperatur 500 °C[1].

Efektivitas Penggunaan fotokatalis TiO₂-Bentonit dan H₂O₂ Pada Fotodegradasi Zat Warna *Methylene Blue* Menggunakan Radiasi Sinar Ultraviolet.



Gambar 1. Kurva hubungan degradasi (%) larutan *methylene blue* pada berbagai perlakuan

Keterangan : A : 25 mL MB 10 mg/L + 0,1 mL aqua + $h\nu$

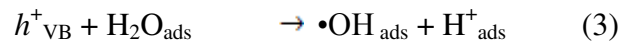
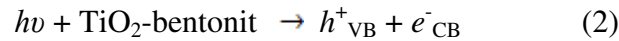
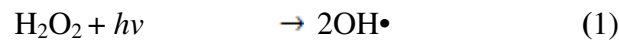
B : 25 mL MB 10 mg/L + 0,1 mL H₂O₂ + $h\nu$

C : 25 mL MB 10 mg/L + 0,1 mL aqua + katalis + $h\nu$

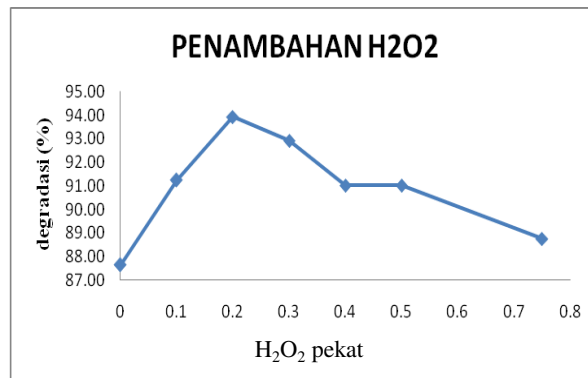
D : 25 mL MB 10 mg/L + 0,1 mL H₂O₂ + katalis + $h\nu$

Gambar 1 menunjukkan bahwa pada perlakuan A dilakukan penambahan 25 mL *methylene blue* 10 mg/L dengan penambahan 0,1 mL aquades disinari dengan lampu UV memberikan penurunan konsentrasi *methylene blue*, hal ini disebabkan adanya energi berupa foton dari lampu UV [9]. Pada perlakuan B dilakukan penambahan 25 mL *methylene blue* 10 mg/L dengan penambahan oksidator H₂O₂ 0,1 mL disinari dengan lampu UV menghasilkan penurunan konsentrasi lebih besar, H₂O₂ dapat menghasilkan OH• radikal yang dapat mengoksidasi *methylene blue* ditunjukkan reaksi (1). Pada perlakuan C dilakukan penambahan 25 mL *methylene blue* 10 mg/L dengan penambahan fotokatalis TiO₂-bentonit 50 mg dan 0,1 mL aquades disinari UV dapat meningkatkan penurunan konsentrasi *methylene blue* lebih besar, penambahan katalis meningkatkan degradasi lebih besar dari penambahan H₂O₂, adanya katalis jika disinari UV akan menghasilkan hole (h⁺) pada pita valensi dan electron (e⁻) pada pita konduksi ditunjukkan reaksi (2). Hole bereaksi dengan H₂O membentuk radikal hidroksil (•OH) yang mampu mendegradasi zat warna ditunjukkan reaksi (3) [9,10]. Dan pada perlakuan D dilakukan penambahan 25 mL *methylene blue* 10 mg/L dengan fotokatalis TiO₂-bentonit 50 mg dan oksidator H₂O₂ 0,1 mL yang disinari UV dapat meningkatkan penurunan konsentrasi *methylene blue* paling besar, penambahan katalis akan menghasilkan hole (h⁺) pada pita valensi, Hole (h⁺) bereaksi dengan H₂O membentuk radikal hidroksil (•OH) pada daerah pita valensi ditunjukkan reaksi (3), begitu pula dengan penambahan

oksidator H_2O_2 yang ikut berperan dalam meningkatkan produksi $\bullet\text{OH}$ melalui reaksi reduksi pada daerah pita konduksi ditunjukkan reaksi (1).



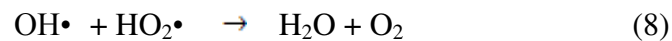
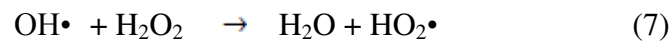
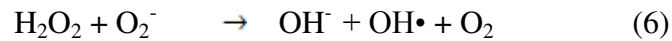
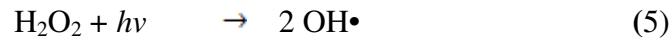
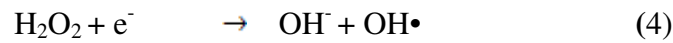
Pengaruh Penambahan H_2O_2 Terhadap Fotodegradasi Larutan *Methylene blue*.



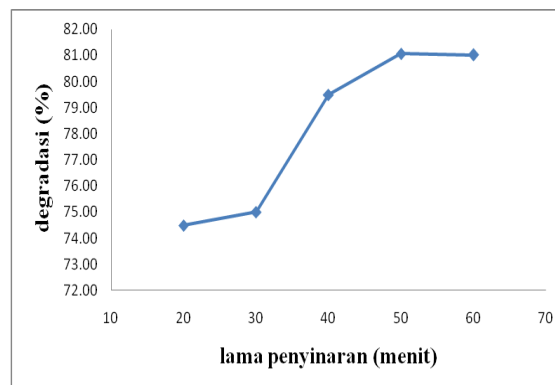
Gambar 2. Kurva hubungan degradasi (%) larutan *methylene blue* dengan penambahan H_2O_2 terhadap waktu penyinaran dengan sinar UV.

Penambahan H_2O_2 yang ditambahkan 0,1; 0,2; 0,3; 0,4 ; 0,5 dan 0,75 mL. setiap variasi penambahn H_2O_2 digunakan perbandingan 1:2 untuk volume larutan *methylene blue* sebanyak 25 mL dengan konsentrasi 10 mg/L dan massa bentonit-TiO₂ sebanyak 50 mg. Gambar 2 menunjukkan bahwa variasi penambahan H_2O_2 hingga 0,2 mL memberi kenaikan fotodegradasi *methylene blue*. Hal ini dikarenakan semakin banyak H_2O_2 yang digunakan dapat mengikat electron (e^-) dari pita valensi ke pita konduksi sehingga terjadi pemisahan muatan (e^-) dan (h^+) dan berfungsi membentuk radikal ditunjukkan reaksi (4). Semakin banyaknya jumlah $\bullet\text{OH}$ yang dihasilkan menyebabkan semakin banyak pula senyawa *methylene blue* yang didegradasi. Pada penelitian ini didapatkan degradasi maksimum sebanyak 93,93 % pada penambahan 0,2 mL H_2O_2 . Sedangkan penambahan lebih dari 0,2 mL menyebabkan degradasi *methylene blue* menurun. Hal ini dikarenakan jika penambahan H_2O_2 yang ditambahkan dalam larutan berlebih, maka akan terbentuknya radikal $\text{HO}_2\bullet$ yang kurang reaktif dibandingkan radikal $\bullet\text{OH}$ ditunjukkan reaksi (6). Jumlah H_2O_2 yang berlebih dapat bereaksi dengan $\text{OH}\bullet$ seperti persamaan reaksi (7) menghasilkan $\text{HO}_2\bullet$. $\text{HO}_2\bullet$ dapat pereaksi dengan $\text{HO}\bullet$ seperti persamaan reaksi (8). Hal ini menyebabkan $\text{HO}\bullet$ berkurang

sehingga *methylene blue* yang terdegradasi mengalami penurunan. Reaksi yang terjadi pada H_2O_2 dengan adanya fotokatalis[7,11].



Pengaruh Lama Penyinaran Terhadap Proses Fotodegradasi Zat Warna *Methylene Blue* Menggunakan Radiasi Sinar Ultraviolet



Gambar 3. Kurva hubungan degradasi (%) larutan *methylene blue* terhadap waktu penyinaran dengan sinar UV.

Gambar 3 menunjukkan bahwa penyinaran selama 20 – 50 menit terjadi kenaikan degradasi *methylene blue*. Semakin lama penyinaran maka semakin banyak fotokatalis yang terkena sinar UV sehingga semakin banyak hole (h^+) dan elektron (e^-) pada pita konduksi yang dihasilkan seperti persamaan (2)[7], sedangkan 50 – 60 menit cenderung tetap atau konstan. Kemungkinan kemampuan fotokatalis untuk eksitasi elektron(e^-) dari pita valensi ke pita konduksi tidak bertambah sehingga $OH\cdot$ tetap dan juga kemungkinan $OH\cdot$ yang dihasilkan banyak digunakan untuk mendegradasi intermediet yang dihasilkan pada proses fotokatalis.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian penambahan fotokatalis TiO_2 -bentonit dan oksidator H_2O_2 meningkatkan degradasi *methylene blue*. Penambahan H_2O_2 optimum sebanyak 0,2 mL dalam 25 mL *methylene blue* dengan degradasi sebesar 93,93 %, lama penyinaran optimum adalah 50 menit.

DAFTAR PUSTAKA

1. Widihati I. A. G., Diantariani N. P., dan Nikmah Y. F., 2011, **Fotodegradasi Metilen Biru dengan Sinar UV dan Katalis Al_2O_3** , Jurusan Kimia FMIPA Universitas Udayana, Bukit Jimbaran, 31- 42
2. Christina P. M., S. Mu'nisatun, Saptaaji R., dan Marjanto D., 2007, **Studi Pendahuluan Mengenai Degradasi Zat Warna Azo (*Metil Orange*) Dalam Pelarut Air Menggunakan Mesin Berkas Elektron 350 kV/10mA**, JFN. Vol. 1, No.1.
3. Hendayana S, Kadarohman A, Sumarna AA, Supriatna A, 1994, **Kimia Analitik Instrumen**, Edisi Satu, Ikip Semarang press.
4. Novrian D., Hermansyah A., Syukri, 2013, **Studi Fotodegradasi Biru Metilen Di Bawah Sinar Matahari oleh ZnO-SnO_2 yang Dibuat Dengan Metoda Solid State Reaction**, Jurusan Kimia FMIPA Universitas Andalas Padang, Vol 5 no.1
5. Saefudin A., Dermawan A., Asmiyawati C., **sintesis lempung terpillar TiO_2 Menggunakan Surfaktan Dodesilamin, Karakterisasi dan Aplikasinya Sebagai Fotokatalis Degradasi Zat warna**, Kimia Anorganik Jurusan Kimia Universitas Diponegoro, Semarang.
6. Bath D. S., Siregar J. M., Lubis M. T., 2012, **Penggunaan Tanah Bentonit Sebagai Adsorben logam Cu**, *Jurnal Teknik Kimia USU*, Vol.1, No.1 (2012)
7. Palupi E., 2006, **Degradasi *Methylene Blue* Dengan Metode Fotokatalisis dan Fotoelektrokatalisis Menggunakan Film TiO_2** , *Skripsi* Departemen FMIPA Institut Pertanian, Bogor.
8. Fatimah, I., E. Sugiharto, K. Wijaya, I. Tahrir dan Kamalia, 2006, **Titanium Oxide Dispersed On Natural Zeolite ($\text{TiO}_2/\text{Zeolite}$) And Its Application For Congo Red Photodegradation**, *Indo.J.Chem* tahun 2006 Volume 6 No.1, 38-42.
9. Damayanti C., A., Wardhani S., Purwonugroho D., 2014, **Pengaruh Konsentrasi TiO_2 Dalam Zeolit Terhadap Degradasi Methylene Blue Secara Fotokatalitik**, *Kimia.Student Journal*, vol. 1, no. 1, pp. 8-14,
10. Marhusari, R., 2009, **Bentonit Terpillar TiO_2 Sebagai Katalis Pembuatan Hidrogen dalam Pelarut Air pada Hidrogenasi Glukosa Menjadi Sorbitol dengan Katalis Nikel**, Departemen Kimia, FMIPA, USU, Medan.
11. Czech B., 2009, **Effect of H_2O_2 Addition on Phenol Removal from Wastewater Using $\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ as Photocatalyst**, *Polish J. of Environ. Stud.* Vol. 18, No. 6, 989-993