

Pengaruh pH Awal dan Konsentrasi Awal Larutan Metilen Biru pada Degradasi Larutan Metilen Biru menggunakan Fotokatalis TiO₂– bentonit

Mohammad Abdul Ghofur, 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

Pada penelitian ini dibahas tentang pengaruh pH dan konsentrasi awal larutan metilen biru pada degradasi zat warna metilen biru dengan fotokatalis TiO₂-bentonit. Variasi pH awal yang digunakan adalah 3, 5, 7, 9, 11 dan konsentrasi awal yang digunakan adalah 5, 10, 15, 20 mg/L. Larutan Metilen biru sebanyak 25 mL ditambahkan 25 mg TiO₂-bentonit dengan kadar 0,5 mmol TiO₂/g bentonite disinari menggunakan sinar ultraviolet dengan panjang gelombang 325nm selama 10, 20, 30, 40, dan 50 menit. Konsentrasi metilen biru setelah degradasi ditentukan secara spektrofotometri. Konstanta laju fotodegradasi metilen biru dinyatakan dalam persamaan garis hubungan antara lnCo/Ct larutan Metilen biru dengan lama penyinaran. Slope dari persamaan garis tersebut merupakan konstanta laju. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi pH awal dan konsentrasi awal metilen biru mempengaruhi konstanta laju reaksi. Semakin besar pH awal larutan metilen biru, nilai konstanta laju juga semakin besar. Semakin besar konsentrasi larutan metilen biru, semakin kecil nilai konstanta laju. Dari penelitian didapatkan nilai pH dan konsentrasi awal optimum metilen biru pada pH 11 dan konsentrasi 5mg/L dengan nilai konstanta laju 0,0256 menit⁻¹

Kata kunci : bentonit, TiO₂, metilen biru, pH awal, konsentrasi awal, degradasi

ABSTRACT

This research has studied the effect of Methylene blue solution initial pH and concentration on the degradation of Methylene blue dye with bentonite-TiO₂ photocatalyst. Furthermore, this research also aims to determine the effect of metilen biru initial concentration at the optimum initial pH on the rate of Methylene blue photodegradation with bentonite-TiO₂ photocatalyst. The condition of pH was varied at 3, 5, 7, 9, 11 and concentration was varied at 5, 10, 15, 20 mg/L. The solution of Methylene blue 25mg added in 25mL TiO₂-bentonit with compositition 0,5mmol TiO₂/g bentonite has been irradiated using UV-light 325 nm for 10, 20, 30, 40, and 50 minutes. Methylene blue concentration after photodegradation was determined with spectrophotometri. The rate of photodegradation is presented in a curve between the LnCo/Ct of methylene blue and radiation time. Slope from the formula is rate of photodegradation. The results showed if the initial pH methylene blue solution is greater then the value of rate constant is greater too and if the first concentration of methylenen blue solution greater then the value of rate constant is smaller. The optimum rate of Methylene blue photodegradation was obtained at pH 11 and at initial concentration 5 mg/L with rate constant 0,0256 minute⁻¹.

Keywords : bentonite, TiO₂, Methylene blue, initial pH, initial concentration, degradation.

PENDAHULUAN

Upaya untuk menangani masalah pencemaran lingkungan telah dilakukan dengan berbagai cara dimulai dari metode konvensional, misalnya adsorpsi menggunakan karbon aktif atau zeolit hingga metode mutakhir, misalnya biodegradasi, klorinasi, ozonisasi, radiasi

pengion, ataupun teknologi plasma. Penggunaan semikonduktor fotokatalis diharapkan dapat menjadi alternatif pilihan, Keunggulan penggunaan semikonduktor fotokatalis diantaranya adalah dapat melakukan mineralisasi total terhadap polutan organik. Proses ini dinilai mudah dan cepat diterapkan dan biaya operasionalnya cukup murah dengan hasil yang baik serta memiliki kemampuan penggunaan jangka panjang. [1]

Fotokatalis adalah bahan yang mampu mempercepat laju reaksi oksidasi maupun reduksi melalui suatu reaksi fotokimia serta bersifat semikonduktor. Semikonduktor jika terkena sinar UV atau sinar matahari yang mempunyai foton lebih dari energi eksitasi elektronnya ($h\nu \geq E_G$) akan menghasilkan elektron di pita konduksi dan *hole* yang terbentuk di pita valensi yang dapat menghasilkan radikal $\bullet\text{OH}$. Radikal $\bullet\text{OH}$ ini dapat mendegradasi limbah organik. [2]

Pengaturan harga pH dalam proses fotodegradasi dapat meningkatkan reaktivitas interaksi antara zat warna metilen biru dengan fotokatalis, sehingga dapat meningkatkan laju fotodegradasi zat warna metilen biru. Harga pH larutan mempengaruhi laju fotodegradasi *metil orange* dengan laju degradasi terbesar diperoleh pada pH awal 4 [3]. Selain pH, konsentrasi zat warna juga akan mempengaruhi proses fotodegradasi. Degradasi *Disperse Yellow 23* dengan menggunakan fotokatalisi TiO_2 dipengaruhi oleh konsentrasi zat warna [4]

METODOLOGI PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan-bahan kimia yang digunakan dalam penelitian ini adalah bentonit jenis Na-bentonit (Baratako), TiO_2 , akuades, metilenbiru, etanol absolute (Merck), HCl (37% bj = 1,19 g/mL), NaOH, AgNO_3 .

Peralatan yang digunakan adalah peralatan gelas terdiri dari pipet ukur (10 mL), pipet volume (5 mL, 10 mL), pipet tetes, gelasbeker (50 mL, 250 mL), labu erlenmeyer (250 mL, 500 mL), corong, pengaduk, dan labu ukur (10 mL, 50 mL, 500 mL), penggerus porselin, ayakan berukuran 120 mesh dan 150 mesh, oven merk *Fisher scientific Isotemp oven model 655F*, tanur *Burnstead Thermolyne 6000*, pengaduk magnetic, kertas saring Whatman No.41, timbangan merk Mettler PE 300, *shaker rotary type H-SR-200*, fotoreaktor dari lampu UV merk shankyo 325 nm 10 watt, dan Instrumentasi spektronik 20.

Prosedur Preparasi bentonit dengan aktivasi asam

Sebanyak 50 mg bentonit halus dicuci menggunakan 600 mL akuades sambil diaduk, bentonit kemudian disaring menggunakan kertas saring, dan dikeringkan menggunakan oven pada temperatur 110°C selama dua jam. Bentonit selanjutnya dimasukkan ke desikator dan

ditimbang sampai massanya konstan. Sebanyak 8 g bentonit dari hasil pencucian, dimasukkan ke erlenmeyer 100 mL dan ditambahkan 75 mL HCl 0,4 M. Erlenmeyer ditutup menggunakan *aluminium foil* kemudian dikocok menggunakan *shaker* dengan kecepatan 100 rpm selama empat jam. Bentonit kemudian disaring dan dicuci menggunakan akuades hingga filtrat bebas dari Cl⁻.

Uji Efektivitas Fotokatalis TiO₂-bentonit terhadap Peningkatan Fotodegradasi Larutan Metilen biru

Lima buah gelas kimia diisi larutan metilen biru 15 mg/L sebanyak 25 mL dengan perlakuan yang berbeda, yaitu masing-masing gelas kimia berisi larutan metilen biru dan 50 mg fotokatalis TiO₂-bentonit ; metilen biru dan 50 mg TiO₂; metilenbiru dan 50 mg fotokatalis bentonit; dan larutan metilen biru saja, kemudian dilakukan tahap fotodegradasi menggunakan lampu UV kedalam fotoreaktor selama 50 menit. Setelah 50 menit gelas kimia diambil dari fotoreaktor. Filtrat diambil 5mL kemudian diatur pH hingga pH netral dan diencerkan sampai 25mL menggunakan larutan pH 7 dan diukur absorbansinya secara spektrofotometri pada panjang gelombang 663 nm. 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 pH awal Metilen biru

Metilen biru 20 mg/L dengan pH yang telah ditetapkan (yaitu dengan variasi 3, 5, 7, 9, 11) diambil sebanyak 25mL dan dimasukkan ke dalam 5 gelas kimia 50 mL yang telah berisi TiO₂-bentonit 50 mg. Gelas kimia selanjutnya dimasukkan kedalam reaktor UV, setiap 10 menit gelas kimia diambil satu dari masing masing variasi pH sampai menit ke 50. Filtrat dipipet sebanyak 5mL dan diatur pHnya sehingga mencapai pH 7, kemudian diencerkan dengan larutan pH 7 pada labu takar 25mL hingga tanda batas. Absorbansi larutan kemudian diukur secara spektrofotometri pada panjang gelombang 663nm. Hal yang sama dilakukan untuk lama penyinaran 20, 30, 40, 50 menit. Perlakuan ini dilakukan dengan dua kali perlakuan (duplo) dari setiap variasi pH.

Pengaruh Variasi Konsentrasi Metilen biru

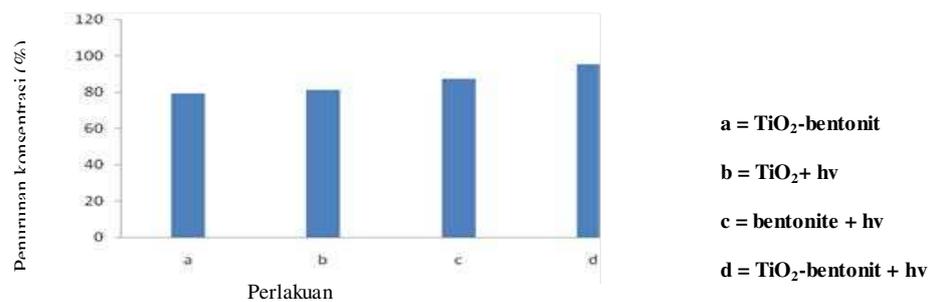
Metilen biru dibuat dengan variasi konsentrasi 5, 10, 15, dan 20mg/L, kemudian masing masing variasi konsentrasi tersebut dimasukkan kedalam gelas kimia 50mL yang berbeda. Fotokatalis TiO₂-bentonit sebanyak 50 mg ditambahkan kedalam gelas kimia tersebut dan diaduk hingga homogen. Gelas kimia kemudian dimasukkan kedalam reaktor UV

dan disinari selama 10 menit dari masing masing variasi konsentrasi. Filtrat dipipet sebanyak 5mL dan diatur pHnya sehingga mencapai pH 7, kemudian diencerkan dengan larutan pH 7 pada labu takar 25mL hingga tanda batas. Absorbansi larutan kemudian diukur secara spektrofotometer pada panjang gelombang 663 nm. Hal yang sama dilakukan untuk lama penyinaran 20, 30, 40, 50 menit. Perlakuan ini dilakukan dengan dua kali perlakuan (duplo) dari setiap variasi konsentrasi.

PEMBAHASAN

Uji aktivasi fotokatalis

Uji degradasi metilen biru terdiri dari 5 macam perlakuan, (1) metilen biru ditambahkan dengan pengemban bentonite, (2) metilen biru; (3) metilen biru ditambahkan dengan TiO_2 ; (4) Metilen biru ditambahkan dengan TiO_2 -bentonit; (5) metilen biru tidak dilakukan penambahan apapun, hanya dilakukan penyinaran. Larutan metilen biru yang didegradasi sebanyak 25 mL dengan konsentrasi 15mg/L.

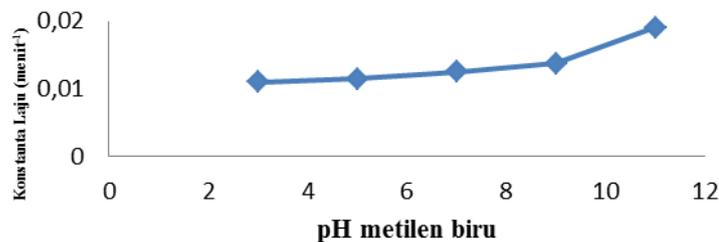


Gambar 1 Grafik hubungan perlakuan fotokatalis dengan penurunan konsentrasi

Gambar 1 menunjukkan adanya pengaruh pengemban fotokatalis TiO_2 pada bentonit. Pada perlakuan pertama penggunaan TiO_2 -bentonit tanpa penyinaran memiliki penurunan konsentrasi sebesar 79,19 %. Hal ini dikarenakan adanya proses adsorpsi dari bentonit. Perlakuan kedua TiO_2 saja tanpa bentonit dilakukan penyinaran menunjukkan penurunan konsentrasi sebesar 81,18 %, perlakuan ketiga penggunaan bentonit saja dilakukan penyinaran tanpa adanya TiO_2 menunjukkan penurunan konsentrasi sebesar 87,38 %, dan yang keempat penggunaan TiO_2 -bentonit dan dilakukan penyinaran menunjukkan penurunan konsentrasi sebesar 95,38 %. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa penggunaan TiO_2 -bentonit dan dilakukannya penyinaran memberikan hasil yang paling optimum. Hal ini sesuai dengan penelitian Fujishima [5] bahwa fotokatalis berperan untuk meningkatkan produksi radikal $^{\circ}\text{OH}$ pada daerah pita valensi TiO_2 , sehingga semakin banyak radikal $^{\circ}\text{OH}$ yang terbentuk, maka proses degradasi juga akan berjalan lebih maksimal.

Pengaruh pH Awal Larutan Metilen biru terhadap Laju Reaksi Fotodegradasi Metilen biru

Variasi pH yang digunakan pada penelitian ini adalah pH 3, 5, 7, 9, dan 11. Pengamatan pengaruh pH awal larutan metilen biru terhadap konstanta laju fotodegradasi dilakukan pada variasi waktu 10, 20, 30, 40, dan 50 menit untuk tiap variasi pH awal. Pengaruh pH awal larutan metilen biru terhadap konstanta laju fotodegradasi zat warna metilen biru dinyatakan dalam suatu kurva hubungan konstanta laju degradasi terhadap pH optimal seperti yang terdapat pada gambar 2.



Gambar 2 Kurva hubungan konstanta laju degradasi larutan metilen biru berbagai variasi pH awal larutan metilen biru terhadap pH awal larutan metilen biru ($C_0 = 15 \text{ mg/L}$)

Tabel 1 Nilai konstanta laju untuk variasi pH awal larutan metilen biru

pH Awal Larutan Metilen biru	Konstanta laju	R^2
3	0,011	0,9128
5	0,0114	0,9951
7	0,0125	0,9576
9	0,0137	0,9808
11	0,019	0,9836

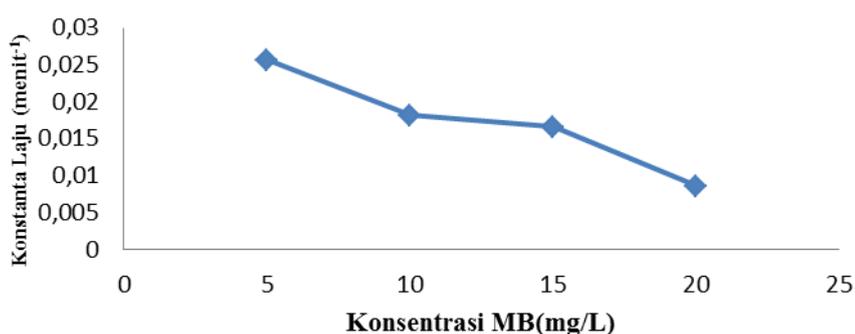
Berdasarkan Tabel 1 Laju reaksi fotodegradasi metilen biru diprediksi mengikuti orde reaksi *pseudo* – orde satu. Berdasarkan Tabel 1 pada keseluruhan diperoleh kurva dengan R^2 mendekati 1 yang menyatakan bahwa kurva tersebut mengikuti model kurva untuk orde reaksi *pseudo* – orde satu.[6]

Gambar 2 menunjukkan pada kondisi asam proses degradasi menggunakan foton memiliki nilai konstanta laju degradasi Metilen biru yang paling kecil. Bila dibandingkan dengan kondisi asam, kurva degradasi pada kondisi basa memiliki konstanta laju yang lebih besar. Pada pH 3 konstanta laju sebesar 0,011 dan semakin besar dengan bertambahnya nilai pH. Pada pH 5 nilai konstanta laju kurva sebesar 0,0114 sedangkan pada pH 7 memiliki nilai konstanta laju sebesar 0,0125.

Pada kondisi basa terjadi peningkatan nilai konstanta laju fotodegradasi dibandingkan pada kondisi asam. Hal ini disebabkan permukaan TiO_2 yang diimbangkan pada bentonit cenderung bermuatan negatif akibat berada pada kondisi di atas pH_{zpc} ($\text{pH}_{\text{zpc}} \text{TiO}_2 = 6,3$)[6], Metilen biru merupakan zat warna kationik, akibatnya zat warna metilen biru akan bergerak menuju permukaan fotokatalis sehingga memudahkan proses fotodegradasi.

Pengaruh Konsentrasi Awal Larutan Metilen biru terhadap Konstanta Laju Fotodegradasi Metilen biru

Variasi konsentrasi awal larutan metilen biru yang digunakan pada penelitian ini yaitu 5; 10 ; 15 ; dan 20 mg/L. Seluruh konsentrasi tersebut dikondisikan pada pH awal 11. Setiap konsentrasi larutan metilen biru tersebut disinari selama 10, 20, 30, 40, dan 50 menit. Pengaruh konsentrasi larutan metilen biru terhadap konstanta laju fotodegradasi zat warna metilen biru dinyatakan dalam suatu kurva hubungan konsentrasi metilen biru setelah fotodegradasi.



Gambar 3 Hubungan konstanta laju degradasi MB terhadap Konsentrasi MB (pH awal = 11)

Gambar 3 menunjukkan bahwa konsentrasi metilen biru mengalami penurunan nilai konstanta laju seiring dengan kenaikan konsentrasi awal metilen biru. Pengamatan terhadap laju degradasi fotokatalitik metilen biru dilakukan hingga waktu penyinaran sinar ultraviolet selama 50 menit. Nilai konstanta laju besar menunjukkan laju fotodegradasi berjalan cepat dan sebaliknya.

Tabel 2 Nilai konstanta laju pada berbagai konsentrasi metilen biru

Konsentrasi Awal MB (mg/L)	Konstanta Laju (menit-1)	R ²
5	0,0256	0,9992
10	0,0181	0,9961
15	0,0166	0,9729
20	0,0086	0,9128

Tabel 2 menunjukkan Laju reaksi fotodegradasi metilen biru diprediksi mengikuti orde reaksi pseudo – orde satu. Berdasarkan Gambar 3 pada konsentrasi 5 mg/L diperoleh kurva dengan R^2 sebesar 0,9992 yang menyatakan bahwa kurva tersebut mengikuti model kurva untuk orde reaksi *pseudo* – orde satu. Pada konsentrasi awal metilen biru yang semakin meningkat dapat diketahui bahwa terjadi pola penurunan nilai R^2 . Hal ini diprediksi dapat terjadi akibat terbentuk beberapa jenis produk intermediate selama proses degradasi. Tahap penguraian produk intermediate ini tidak dapat ditentukan kecepatannya sehingga diprediksi ketika konsentrasi awal metilen biru besar maka laju fotodegradasi tidak hanya dipengaruhi oleh konsentrasi reaktan saja tetapi juga dapat dipengaruhi oleh jumlah produk intermediate yang terbentuk [6].

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan maka dapat ditarik kesimpulan bahwa pH awal larutan metilen biru dan konsentrasi awal larutan metilen biru berpengaruh pada konstanta laju degradasi menggunakan fotokatalis TiO_2 -bentonit dengan pH awal dan konsentrasi awal optimum diperoleh pada pH 11 dan 5 mg/L

DAFTAR PUSTAKA

1. Damayanti, Y , Wijaya, K, dan Tahir,I., 2005, *Degradasi Zat Warna Methyle Orange menggunakan Fe_2O_3 -Montmorillonit dan Sinar Ultraviolet*, Proseding Seminar Nasional
2. Hermann, J. M., 1999, *Heterogenous Photocatalysis Fundamental and Application to the Removal of Various Types of Aqueous Pollutans, Catalyst Today*, 53, 115-129.
3. Febriana, I. D., 2011, *Pengaruh pH Awal Larutan Metilen biru pada Degradasi Zat Warna Metilen biru dengan Fotokatalis TiO_2 -bentonit*, Skripsi, FMIPA, Universitas Brawijaya.
4. Nikazar, M., Gholivand, K., Mahanpoor, K., 2007, *Using TiO_2 Supported on Clinoptilolite as a Catalyst for Photocatalytic Degradation of Azo Dye Disperse Yellow 23 in Water, Original Russian Text, Kinetics and Catalysis*, Vol. 48, No. 2, 214-220
5. Fujishima, A., Zhang, X., Tryk D, A, 2008, *TiO_2 photocatalysis and related surface phenomena*, Surface Science Reports 63 (2008) 515_582, japan.
6. Supeno, M. dan Sembiring, S. B., 2007, *Bentonit Terpilair Sebagai Material Katalis/Co-Katalis Pembuatan Gas Hidrogen dan Oksigen*, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sumatra Utara, Medan