

Degradasi Zat Warna Rhemazol Blue Secara Fotokatalitik Menggunakan Komposit TiO₂-Batu Apung Sebagai Fotokatalis

I Nyoman Sukarta*¹, Ni Sri Putu Ayuni², I Dewa Ketut Sastrawidana³, I Ketut Sudiana⁴, Putu Septian Eka A.P.⁵

^{1,2,3,4,5} Jurusan Kimia, FMIPA, Undiksha, Singaraja

*Corresponding author: nyoman.sukarta@undiksha.ac.id

Abstrak

Telah dilakukan penelitian tentang fotodegradasi Rhemazol Blue dengan menggunakan komposit TiO₂-Batu Apung. Rasio TiO₂-Batu Apung yang digunakan adalah 1:1, dan jumlah yang diaplikasikan terhadap larutan zat warna adalah tetap sebanyak 0,5 gram. Eksperimen degradasi didahului dengan penentuan pH, konsentrasi rhemazol blue, dan waktu paparan yang optimum. Dari hasil analisis diperoleh parameter optimum adalah pada pH 9, konsentrasi zat warna 15 mg/L, dan waktu paparan terhadap sinar matahari minimal 150 menit. Hasil analisis regresi juga menunjukkan bahwa hubungan antara waktu paparan terhadap $\ln(C_0/C_t)$ dalam fotodegradasi Rhemazol Blue. adalah linier.

Kata-kata kunci: fotokatalitik, TiO₂, batu apung, fotodegradasi, rhemazol blue

Abstract

A research on Rhemazol Blue photodegradation has been done using TiO₂-Pumice composite. The ratio of TiO₂-Pumice used is 1:1, and the amount applied to the dyestuff solution is fixed at 0.5 grams. The degradation experiment was preceded by the determination of pH, rhemazol blue concentration, and optimum exposure time. The optimum parameters were obtained at pH 9, dye concentration 15 mg /L, and exposure time to sunlight minimum 150 minutes. The regression analysis results also show that the relationship between exposure time to $\ln(C_0 / C_t)$ in Rhemazol Blue photodegradation is linear.

Keywords: photocatalytic, TiO₂, pumice, photodegradation, rhemazol blue

Pendahuluan

Industri tekstil menghasilkan air limbah sangat banyak dengan kandungan bahan organik yang ekstrim serta intensitas warna tinggi. Berbagai macam senyawa organik telah dideteksi terdapat dalam limbah industri tekstil(Sudiana, Sastrawidana, & Sukarta, 2018) . Limbah zat warna tekstil telah memicu beberapa persoalan dalam sistem pengolahan secara biologi karena resistensinya terhadap proses biodegradasi dan/atau memiliki sifat racun bagi proses mikrobiologi. Akibatnya, kebutuhan teknologi pengolahan alternatif yang bertujuan untuk memineralisasi dan mentransformasi molekul-molekul yang tidak mudah diuraikan menjadi molekul-molekul lain yang selanjutnya dapat dibiodegradasi, merupakan suatu persoalan besar (Adya Das and Susmita Mishra, 2016). Diantara teknologi alternatif tersebut proses oksidasi lanjut (*advanced oxidation processes* (AOPs)) telah banyak digunakan untuk mengolah air limbah yang mengandung senyawa-senyawa organik rekalsitran seperti

pestisida, surfaktan, bahan-bahan pewarna, bahan-bahan kimia farmasi dan senyawa-senyawa kimia pengganggu kelenjar endokrin. Selain itu, teknologi ini telah berhasil digunakan sebagai metode pengolahan awal sebagai upaya untuk mengurangi senyawa organik beracun yang menghambat proses pengolahan secara biologi.

Pada tahun-tahun terakhir ini, fotokatalisis heterogen adalah salah satu langkah yang diterapkan dalam AOP modern, yang telah digunakan untuk menyisihkan atau memineralisasi berbagai macam polutan organik. Melalui pendekatan ini, bahan-bahan organik berbahaya diuraikan dengan adanya suatu katalis dan iradiasi sinar ultraviolet (UV) tanpa menghasilkan polutan-polutan yang berbahaya. Terkait dengan hal ini, semikonduktor titanium oksida (TiO_2) telah menunjukkan berbagai keunggulan dalam fotokatalisis heterogen (Costa, L.L., and Prado, 2009). Namun demikian, selama ini, sebagian besar penelitian-penelitian yang menggunakan TiO_2 berkaitan dengan reaksi-reaksi fotokatalisis dalam fotodegradasi dilakukan dengan menggunakan katalis tersebut dalam bentuk suspensi. Konsekuensinya, karena ukuran partikel dari TiO_2 sangat kecil, diperlukan pelibatan tahap mikrofiltrasi untuk pemungutan kembali katalis. Pemungutan katalis pasca pengolahan akan menjadi kurang menarik dalam skala industri karena akan memunculkan biaya tambahan modal dan operasi pengolahan. Oleh karena itu, TiO_2 harus ditambahkan agen penyokong (*solid support*) untuk mengatasi masalah tersebut.

Diantara bahan penyokong yang banyak digunakan adalah kaca bening. Hal ini didasarkan pada pertimbangan bahwa, selain memerlukan temperatur kalsinasi yang lebih rendah, kaca dengan warna bening lebih mudah ditembus cahaya. Persoalan yang muncul kemudian adalah penggunaan kaca sebagai penyokong katalis memiliki keterbatasan dalam aplikasinya karena sifatnya yang mudah pecah. Oleh karena itu beberapa material telah dipertimbangkan sebagai penyokong katalis dalam proses fotokatalitik terutama dalam kaitannya dengan penggunaan sistem yang operasionalnya lebih mudah dan murah seperti misalnya dengan menggunakan material alami. Salah satu bahan penyokong yang baik dan banyak tersedia di alam adalah batu apung. Penggunaan batu apung sebagai agen penyokong menyebabkan interaksi fisik lanjutan, yaitu terbentuknya komposit TiO_2 -Batu Apung.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan (Andari, D.N., 2014) dan aktifitas fotokatalitik TiO_2 dan reproduisibilitasnya dapat ditingkatkan melalui penambahan impregnan seperti zeolit atau material lain yang sejenis. Penggunaan batu apung sebagai penyokong memiliki keunggulan yang tidak dimiliki material penyokong lain, seperti (1) ekonomis; (2) memiliki karakter mirip zeolit (mesopori); (3) dapat berperan sebagai adsorben, sehingga

selain sebagai penyokong TiO_2 , dapat mengadsorpsi zat warna secara optimal, yang mengakibatkan aktivitas fotokatalitik TiO_2 menjadi optimum.

Pada penelitian ini digunakan batu apung/ *pumice* alami yang diperoleh dari Desa Bulian, Kabupaten Buleleng, Provinsi Bali, yang diimpregnasi dengan TiO_2 . Hasil impregnasi ini membentuk komposit TiO_2 -Batu Apung yang kemudian dikarakterisasi lebih lanjut. Selanjutnya ditentukan parameter optimum ketika fotodegradasi dilaksanakan yang meliputi pH, konsentrasi zat warna, dan waktu penyinaran optimum. Disamping itu, juga ditentukan pengaruh waktu penyinaran pada laju fotodegradasi *Rhemazol Blue* oleh komposit TiO_2 -Batu Apung.

Metode

a. Bahan dan Alat

Peralatan yang digunakan adalah spektrofotometer UV-Vis Shimadzu UV-1800 *double beam*, Spektrofotometer UV-Vis *Diffuse Reflectance Spectra* (DRS) Thermo Insight, neraca analitik *Mettler Toledo*, dan alat-alat gelas (Iwaki-Pyrex). Bahan-bahan yang digunakan adalah zat warna *Rhemazol Blue*, TiO_2 (Merck-PA), CH_3OH 99% (Merck-PA), batu apung, dan akuadest.

b. Prosedur

Komposit TiO_2 -Batu Apung dipreparasi melalui metode *dip-coating* dengan sedikit modifikasi. Proses *dip-coating* didahului dengan destruksi batu apung yang diperoleh dari Desa Bulian, Singaraja. Hasil destruksi batu apung kemudian diayak menggunakan ayakan berpori 150 mikron. Selanjutnya, serbuk batu apung dicuci menggunakan aseton untuk menghilangkan pengotor organik yang masih tertinggal selama proses destruksi. Selanjutnya, suspensi TiO_2 dibuat dengan melarutkan 5 gram TiO_2 (PA/ E-Merck) dalam 100 mL CH_3OH 99,9% (E-Merck). Tahap berikutnya adalah pencelupan 5 gram serbuk batu apung ke dalam suspensi TiO_2 dalam CH_3OH 99,9% selama 2 jam sambil diaduk menggunakan *magnetic stirrer*. Kemudian campuran tadi langsung difiltrasi vakum agar diperoleh padatan TiO_2 -Batu apung (1:1 w/w), yang selanjutnya dikeringkan di dalam oven bersuhu 100-110°C selama 15 menit. Terakhir, serbuk TiO_2 -Batu Apung di-*annealing* di dalam oven pada suhu 300°C selama 2 jam agar relaksasi struktur dapat terjadi.

Uji fotodegradasi didahului dengan pembuatan larutan standar *Rhemazol Blue* disertai penentuan λ_{max} . Selanjutnya dilakukan penentuan pH optimum dengan variasi pH 5, 6, 7, 8,

dan 9. Massa TiO₂-Batu Apung yang digunakan sebanyak 0,5 gram dan konsentrasi zat warna 15 mg/L untuk masing-masing perlakuan. Penentuan konsentrasi zat warna optimum dilakukan seperti halnya penentuan pH, namun yang divariasikan adalah [zat warna], sementara massa fotokatalis tetap 0,5 gram dan pH optimum dari penentuan sebelumnya. Terakhir, penentuan lama waktu penyinaran terhadap sinar matahari dilakukan dalam variasi waktu 30, 60, 90, 120, dan 150 menit, sementara massa fotokatalis tetap 0,5 gram, [zat warna] optimum, dan pH optimum. Semua uji fotokatalitik dimulai pada pukul 11.00 WITA.

Data yang diperoleh selanjutnya dianalisis secara grafik dan model kinetika reaksi ordo ke-satu untuk menentukan konstanta laju, Persamaan 1:

$$\ln (C_0/C_t) = -kt \dots\dots\dots(1)$$

dengan C_t merupakan konsentrasi zat warna yang tersisa pada waktu *t*, C₀ merupakan konsentrasi zat warna dan *k* adalah konstanta laju. Dengan membuat kurva hubungan *ln* (C₀/C_t) *vs t* maka dapat ditentukan kemiringan kurva yang merepresentasikan konstanta laju reaksi, *k*.

Hasil dan Pembahasan

a. Sintesis dan Karakterisasi Fotokatalis TiO₂-Batu Apung

Komposit TiO₂-Batu Apung dipreparasi melalui metode *dip-coating* dengan sedikit modifikasi. Proses *dip-coating* didahului dengan destruksi batu apung yang diperoleh dari Desa Bulian, Singaraja. Hasil destruksi batu apung kemudian diayak menggunakan ayakan berpori 150 mikron. Selanjutnya, serbuk batu apung dicuci menggunakan aseton untuk menghilangkan pengotor organik yang masih tertinggal selama proses destruksi. Selanjutnya, suspensi TiO₂ dibuat dengan melarutkan 5 gram TiO₂ (PA/ E-Merck) dalam 100 mL CH₃OH 99,9% (E-Merck) dan dilakukan pengadukan selama 2 jam sampai TiO₂ terdispersi merata. Tahap berikutnya adalah pencelupan 5 gram serbuk batu apung ke dalam suspensi TiO₂ dalam CH₃OH 99,9% selama 2 jam sambil diaduk menggunakan *magnetic stirrer*. Kemudian campuran tadi langsung difiltrasi vakum agar diperoleh padatan TiO₂-Batu apung (1:1 w/w), yang selanjutnya dikeringkan di dalam oven bersuhu 100-110°C selama 15 menit. Langkah ini terus diulangi sebanyak 5 kali sampai secara kualitatif serbuk TiO₂ tepat menempel pada seluruh permukaan serbuk batu apung. Terakhir, serbuk TiO₂-Batu Apung di-*annealing* di dalam oven pada suhu 300°C selama 2 jam agar relaksasi struktur dapat terjadi. Komposit TiO₂-Batu Apung hasil preparasi ditunjukkan pada Gambar 1.



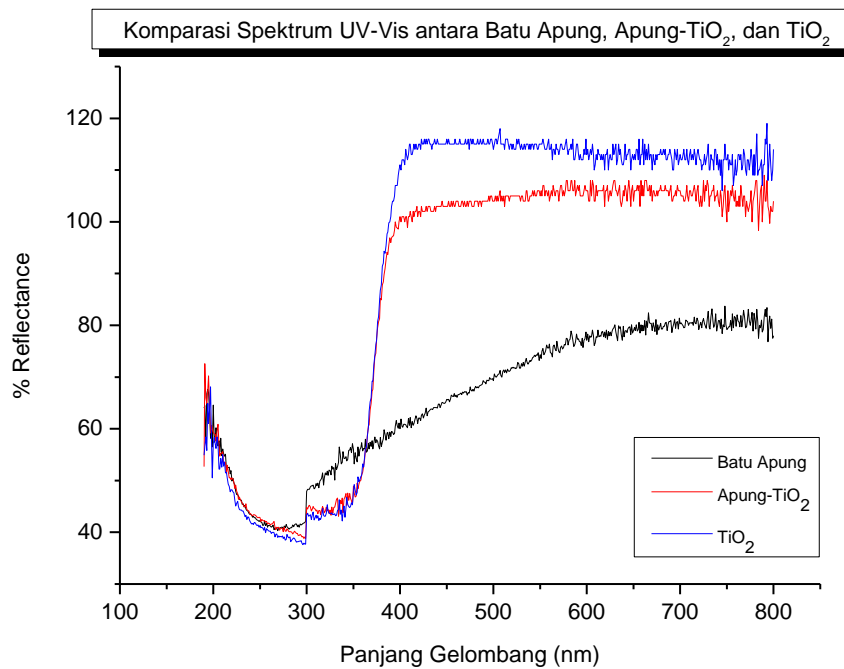
(a)



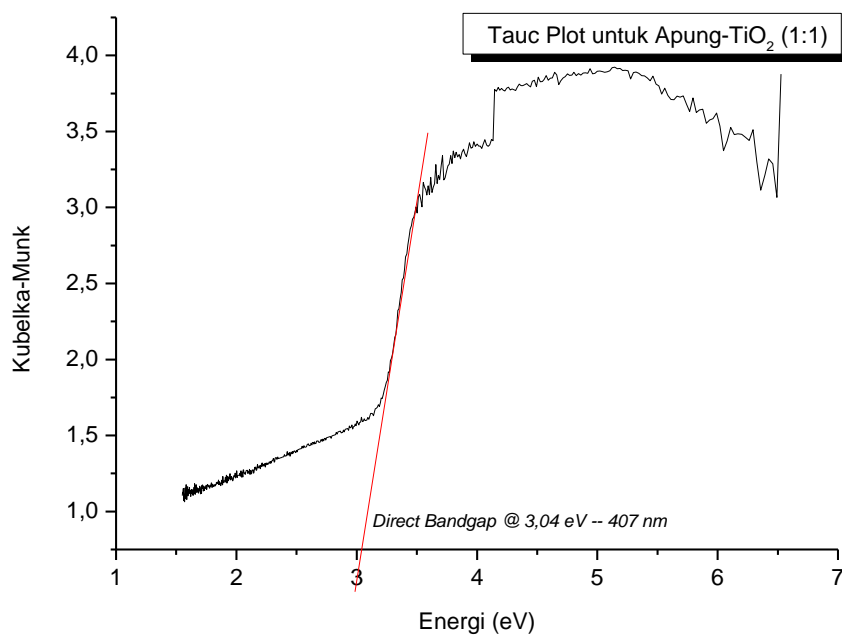
(b)

Gambar 1. (a) Batu Apung Hasil Destruksi Dan Serbuk TiO_2 ; (b) Komposit TiO_2 -Batu Apung hasil preparasi. (dokumentasi pribadi).

Karakterisasi komposit TiO_2 -Batu Apung hasil preparasi dilakukan menggunakan Instrumen Spektrofotometer UV-Vis berbantuan Metode DRS (*Diffuse Reflectance Spectra*). Uji ini dilakukan di Laboratorium Kimia Fisik dan Material Institut Teknologi Bandung (ITB). Serapan dalam rentang panjang gelombang sinar tampak, selain dapat dipakai sebagai informasi tingkat eksitasi, juga bisa dipakai sebagai dasar penentuan apakah amobilisasi TiO_2 terhadap penyokong batu apung sudah terjadi. Spektrum UV-Vis antara TiO_2 , Batu Apung, dan komposit TiO_2 -Batu Apung ditunjukkan pada Gambar 2(a).



(a)



(b)

Gambar 2. (a) Spektrum UV-Vis dari Batu Apung, TiO₂, dan komposit TiO₂-Batu Apung; (b) Plot *Tauc* Untuk Mengkonfirmasi *Bandgap* Komposit TiO₂-Batu Apung, menunjukkan bahwa aktivitas fotokatalitik komposit TiO₂-Batu Apung aktif pada foton 407 nm (setara dengan 3,04 eV).

Dari Gambar 2(a), dapat dilihat bahwa spektrum serapan serbuk TiO₂ mengalami

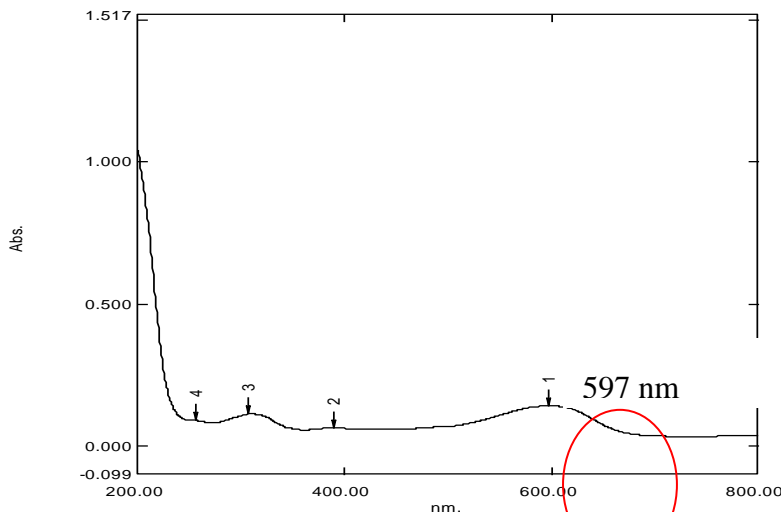
serapan minimum dari panjang gelombang 800 nm, namun mulai pada panjang gelombang 400 nm absorbansi meningkat secara signifikan, dan pada puncaknya pada λ_{\max} 340 nm. Namun, berbeda halnya dengan serbuk batu apung, memiliki serapan yang *mild* pada rentang 800-550 nm, kemudian meningkat secara gradual sampai 300 nm, kemudian turun lagi sampai 200 nm. Komposit TiO₂ – batu apung memiliki spektrum serapan yang berada diantara TiO₂ dan batu apung itu sendiri, yang sekaligus menunjukkan bahwa TiO₂ sudah terimobilisasi pada permukaan serbuk batu apung.

Analisis energi pita melalui penghitungan konstanta Kubelka-Munk mengkonfirmasi bahwa *bandgap* yang dimiliki oleh komposit TiO₂-Batu Apung adalah serupa dengan *bandgap* yang dimiliki oleh TiO₂ itu sendiri, yaitu 3,04 eV yang setara dengan foton 407 nm. Penentuan *bandgap* diperoleh dari plot antara konstanta Kubelka-Munk *vs* energi dalam eV, sering disebut sebagai Plot *Tauc* yang ditunjukkan pada Gambar 2 (b).

b. Uji Aktivitas Fotokatalitik Komposit TiO₂-Batu Apung terhadap degradasi Rhemazol Blue.

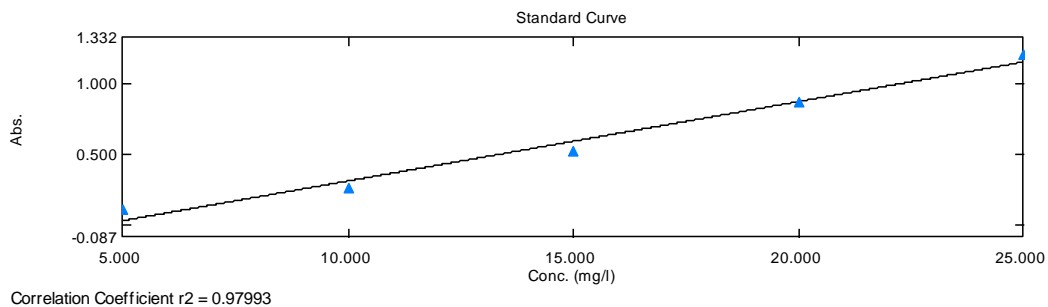
Aktivitas fotokatalitik komposit TiO₂-Batu Apung diujicobakan terhadap pewarna tekstil baku *Remazol Blue* dalam skala laboratorium. Pengujian ini dilakukan menggunakan tiga parameter, yaitu parameter pH, konsentrasi zat warna, dan lama waktu terhadap paparan.

- a. Pada larutan zat warna *Remazol Blue* dilakukan pengukuran panjang gelombang maksimum dari panjang gelombang 200-800 nm dengan spektroskopi UV-Vis Shimadzu. Dari pengukuran yang dilakukan diperoleh data diketahui bahwa absorbansi maksimum terjadi pada panjang gelombang 597 nm dan ditunjukkan pada Gambar 3. Panjang gelombang ini digunakan sebagai standar dalam pengukuran dengan spektroskopi UV-Vis.



Gambar 3. Spektrum serapan maksimum zat *Remazol Blue* pada 597 nm.

b. Pembuatan kurva standar zat warna *Remazol blue* dilakukan dengan mengukur absorbansi larutan zat warna dengan variasi konsentrasi 0, 5, 10, 15, 20, dan 25 ppm dengan menggunakan λ_{maks} 518 nm. Dari pengukuran diperoleh data kurva standar dan koefisien regresi linear yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Kurva standar zat warna *Remazol Blue* menunjukkan regresi linier dengan koefisien regresi (r^2) = 0,97993

c. Fotodegradasi zat warna *Remazol Blue* terkatalisis komposit TiO_2 -Batu Apung dilakukan melalui paparan langsung pada sinar matahari pukul 11.00-13.30 WITA. Proses fotodegradasi dilakukan dengan beberapa variasi pH, konsentrasi zat warna, dan lama paparan.

1. Penentuan pH optimum dilakukan melalui variasi pH 5, 6, 7, 8, dan 9. Banyaknya komposit yang digunakan adalah 0,5 gram, sementara parameter konsentrasi *Remazol blue* tetap 15 ppm serta waktu paparan 150 menit. pH optimum diperoleh pada pH 9 dan secara grafik ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik hubungan antara pH campuran terhadap persentase degradasi zat warna *Remazol Blue*

Pada Gambar 7 di atas terlihat bahwa semakin tinggi pH, maka % degradasi semakin tinggi. Hal ini sesuai dengan apa yang dilaporkan oleh (Zehdehdel, M., Kalateh, Z., Alikhani, 2011), bahwa nilai pH mempengaruhi proses adsorpsi zat warna biru pada permukaan fotokatalis TiO_2 , dan dari penelitian tersebut juga diketahui pada pH lebih dari 9 adsorpsi *Remazol Blue* cenderung konstan. Proses ini merupakan tahapan yang paling penting untuk degradasi. Hal ini disebabkan, pada kondisi asam permukaan TiO_2 bermuatan positif, sedangkan pada medium basa permukaan TiO_2 bermuatan negatif. Berikut merupakan reaksi TiO_2 pada pH asam dan basa:

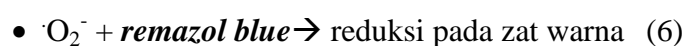
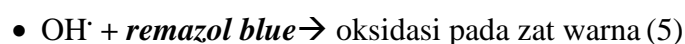
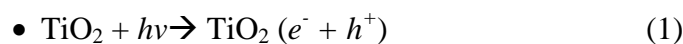
- pH asam ($\text{pH} < 6,8$) : $\text{Ti-OH} + \text{H}^+ \rightarrow \text{TiOH}_2^+$
- pH basa ($\text{pH} > 6,8$) : $\text{Ti-OH} + \text{OH}^- \rightarrow \text{TiO}^- + \text{H}_2\text{O}$

Zat warna *Remazol Blue* merupakan zat warna kationik sehingga pada pH basa akan meningkatkan efektifitas fotodegradasi, sesuai yang dilaporkan oleh(Qodri, 2011). Disamping itu, pada OH^- yang meningkat akan meningkatkan jumlah OH radikal yang dihasilkan sebagai inisiator fotodegradasi.

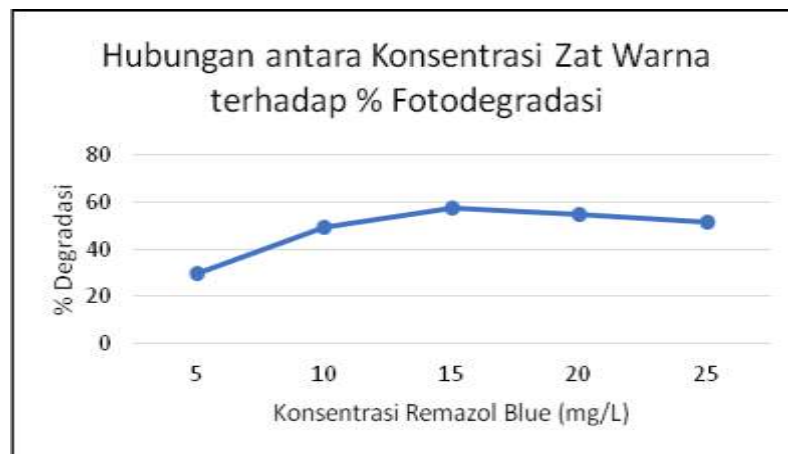
2. Penentuan konsentrasi *Remazol Blue* optimum dilakukan melalui variasi konsentrasi 5, 10, 15, 20, dan 25 mg/L. Variasi konsentrasi *Remazol Blue* digunakan untuk mengetahui besarnya konsentrasi optimum zat warna yang mampu didegradasi oleh katalis komposit TiO_2 -Batu Apung. Proses degradasi ini berlangsung akibat aktivitas fotokatalitik ketika terpaparnya TiO_2 oleh

cahaya matahari, sehingga terjadi eksitasi elektron dari pita valensi ke pita konduksi yang disertai penyerapan energi foton sebesar *bandgap* yang intrinsik dimiliki oleh TiO₂, yaitu 3,04 eV yang setara dengan foton 407 nm (Gambar 4). Telah diketahui bahwa ketika TiO₂ disinari foton dengan λ 407 nm dalam medium air yang mengandung oksigen terlarut dan senyawa organik, maka senyawa organik tersebut mengalami fotodegradasi.

Tahap pertama dalam proses fotodegradasi adalah pelepasan elektron (e⁻) dari pita valensi yang berpindah ke pita konduksi sehingga meninggalkan "lubang" bermuatan positif (h⁺). Dengan adanya oksigen terlarut dan suatu donor elektron, maka terbentuk radikal OH• melalui reaksi antara h⁺ dengan gugus OH⁻ atau molekul air dipermukaan TiO₂. Di lain pihak, e⁻ yang ada di pita konduksi dapat bereaksi dengan O₂ terlarut membentuk ion superoksida O₂⁻. Radikal OH• yang terbentuk selanjutnya akan mengoksidasi zat warna. Selanjutnya terjadi degradasi zat warna sehingga menjadi H₂O, CO₂ dan senyawa asam dalam konsentrasi yang rendah. Keseluruhan reaksi ini meliputi



Menurut penelitian (Nikazar, M., Gholivand, K., Mahanpoor, 2007), dalam degradasi zat warna *Disperse Yellow 23* menggunakan fotokatalis TiO₂ diketahui bahwa penambahan konsentrasi zat warna akan menurunkan aktivitas fotokatalis. Hal ini ternyata cocok dengan hasil yang kami peroleh, dimana konsentrasi optimum *Remazol Blue* yang dapat didegradasi adalah pada 15 mg/L, dan secara grafik ditunjukkan pada Gambar 6.



(a)

Gambar 6. Hubungan antara Konsentrasi *Remazol Blue* terhadap (a) % Degradasi

Gambar 6 menunjukkan bahwa konsentrasi *Remazol Blue* optimum pada 15 mg/l. Semakin besar konsentrasi zat warna yang digunakan maka semakin banyak jumlah molekulnya. Banyaknya molekul tersebut menyebabkan kompetisi antar molekul metilen biru untuk teradsorpsi oleh katalis TiO_2 -Batu Apung semakin besar. Hal ini menyebabkan proses adsorpsi semakin berkurang (Dony, N., Azis, H., 2013). Selain itu, konsentrasi *remazol blue* yang besar akan mempengaruhi sinar UV yang sampai pada katalis. Jika sinar UV yang sampai pada katalis sedikit, maka energi foton yang diserap oleh fotokatalis juga berkurang, sehingga probabilitas eksitasi elektronik dalam katalis semakin kecil. Hal ini akan menyebabkan OH radikal yang dihasilkan semakin sedikit, dan kemampuan mengoksidasi *remazol blue* menurun.

3. Penentuan waktu penyinaran terhadap % degradasi *Rhemazol Blue* ditentukan melalui variasi waktu paparan 30, 60, 90, 120, dan 150 menit. Dari hasil eksperimen diketahui bahwa semakin lama waktu penyinaran maka % fotodegradasi *Rhemazol Blue* semakin tinggi. Hal ini sesuai dengan yang dilaporkan oleh (Dony, N., Azis, H., 2013), pada degradasi *Metilen Biru*, dimana semakin lama waktu penyinaran, maka % degradasi semakin tinggi. Kenaikan signifikan terjadi pada 60 menit pertama, kemudian pada menit ke 90 kurva melandai. Adapun grafik hubungan antara waktu penyinaran terhadap % degradasi *Rhemazol Blue* dapat dilihat pada Gambar 7.



4.

Gambar 7. Hubungan antara waktu paparan terhadap $\ln (Co/Ct)$ dalam fotodegradasi *Rhemazol Blue*. Hasil analisis regresi menunjukkan bahwa hubungan antara waktu paparan terhadap $\ln (Co/Ct)$ adalah linier.

Pada Gambar 7 diketahui bahwa pada konsentrasi *Rhemazol Blue* yang seragam, semakin lama waktu penyinaran maka % degradasi semakin besar. Hal ini disebabkan waktu penyinaran merupakan lamanya interaksi antara fotokatalis komposit TiO_2 -Batu Apung dengan cahaya UV dalam menghasilkan OH radikal ($\cdot OH$). Selain itu juga mempengaruhi lamanya kontak antara $\cdot OH$ dengan zat warna yang didegradasi. Semakin lama waktu penyinaran maka probabilitas intensitas foton yang mengenai fotokatalis semakin besar.

Meningkatnya energi foton yang digenerate atas lamanya waktu penyinaran akan menghasilkan OH radikal ($\cdot OH$) yang semakin banyak. OH radikal ($\cdot OH$) merupakan oksidator kuat yang dapat digunakan untuk mendegradasi zat warna *Rhemazol Blue*. Semakin banyak OH radikal yang dihasilkan, maka semakin banyak pula zat warna yang terdegradasi (Anwar, 2011).

Penutup

Telah berhasil dipreparasi komposit TiO_2 -Batu Apung dengan perbandingan (1:1 w/w). Komposit ini memiliki serapan maksimum pada 407 nm atau setara dengan 3,04 eV foton. Pengaruh pH terhadap aktivitas fotodegradasi *rhemazol blue* adalah membuat permukaan permukaan TiO_2 bermuatan positif, yang akan menarik secara elektrostatik zat warna *rhemazol blue* yang bermuatan positif, sehingga efektifitas fotodegradasi meningkat.

Komposit TiO₂-Batu Apung dapat digunakan sebagai fotokatalis untuk mendegradasi zat warna *Rhemazol Blue* dalam larutan berpelarut air. Adapun parameter optimum yang harus dipenuhi antara lain (1) dilakukan pada pH 9; (2) konsentrasi maksimum zat warna 15 mg/L; dan (3) waktu penyinaran minimal 150 menit.

Daftar Pustaka

- Adya Das and Susmita Mishra. (2016). Decolorization of Different Textile Azo Dyes using an Isolated Bacterium *Enterococcus durans* GM13. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 5(7).
- Andari, D.N., dan S. W. (2014). Fotokatalis TiO₂ – Zeolit Untuk Degradasi Metilen Biru. *Chem.Prog*, 1, 9–14.
- Anwar, D. I. (2011). *Sintesis Komposit Fe-TiO₂-SiO₂ Sebagai Fotokatalis Pada Degradasi Erionyl Yellow*. Universitas Gadjah Mada.
- Costa, L.L., and Prado, A. G. S. (2009). TiO₂ nanotubes as recyclable catalyst for efficient photocatalytic degradation of indigo carmine dye,”. *Journal of Photochemistry and Photobiology A*, 201, 45–49.
- Dony, N., Azis, H., S. (2013). Study Fotodegradasi Biru Metilen di Bawah Sinar Matahari Oleh ZnOSnO₂ yang Dibuat Dengan Metoda Solid State Reaction. *Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung*, 297–303.
- Nikazar, M., Gholivand, K., Mahanpoor, K. (2007). Using TiO₂ Supported on Clinoptilolite as a Catalyst for Photocatalytic Degradation of Azo Dye Disperse Yellow 23 in Water.
- Qodri, A. A. (2011). *Fotodegradasi Zat Warna Remazol Yellow FG Dengan Fotokatalis Komposit TiO₂/SiO₂*. Universitas Sebelas Maret.
- Sudiana, I. K., Sastrawidana, I. D. K., & Sukarta, I. N. (2018). Decolorization study of remazol black B textile dye using local fungi of *Ganoderma* sp. and their ligninolytic enzymes. *Journal of Environmental Science and Technology*, 11(1), 16–22. <https://doi.org/10.3923/jest.2018.16.22>
- Zehdehdel, M., Kalateh, Z., Alikhani, H. (2011). Efficiency Evaluation of NaY Zeolite and TiO₂/NaY Zeolite in Removal of Methylene Blue Dye From Aqueous Solution. *Iran J. Environ. Health. Sci. Eng.*, 8, 265–272.