

FOTOKATALIS BENTONIT-Fe₂O₃ UNTUK DEGRADASI ZAT WARNA *REMAZOL BRILLIANT BLUE*

Ermin Riskiani, Iryanti Eka Suprihatin, dan James Sibarani

Jurusan Kimia FMIPA Universitas Udayana, Bukit Jimbaran, Bali, Indonesia 80361
eka_suprihatin@unud.ac.id

ABSTRAK: Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakter fotokatalis bentonit-Fe₂O₃, menentukan kondisi optimum fotodegradasi, dan efektivitas fotodegradasi *remazol brilliant blue* dengan fotokatalis bentonit-Fe₂O₃. Karakterisasi fotokatalis bentonit-Fe₂O₃ dilakukan dengan XRD, nanosizer, SEM, dan FTIR. Luas permukaan spesifik ditentukan dengan metode adsorpsi *methylene blue*. Penentuan konsentrasi zat warna setelah proses fotodegradasi dilakukan dengan spektrofotometer UV-Vis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bentonit-Fe₂O₃ memiliki puncak tajam yang menunjukkan tingkat kristalinitas tinggi, ukuran partikel bentonit dan bentonit-Fe₂O₃ sebesar 2707,6 nm dan 2726,9 nm, dan terdapatnya gugus fungsi Fe-O. Analisis dengan SEM menunjukkan permukaan bentonit-Fe₂O₃ lebih homogen daripada bentonit. Fotodegradasi optimum terjadi pada massa fotokatalis 100 mg, pH 4, waktu iradiasi 2 jam, dan konsentrasi zat warna 200 ppm. Efektivitas fotodegradasi yang dihasilkan sebesar (98,20 ± 0,0676) %.

Kata kunci: *remazol brilliant blue*, fotokatalis, bentonit-Fe₂O₃.

ABSTRACT: The purposes of this study were to characterize the prepared bentonite-Fe₂O₃ photocatalyst and to determine its optimum photodegradation conditions and the effectiveness of remazol brilliant blue degradation using bentonite-Fe₂O₃ photocatalyst. The characterizations of bentonite-Fe₂O₃ photocatalyst were carried out with Fourier Transform Infrared (FTIR), X-ray diffractometer (XRD), nanosizer, and scanning electron microscope (SEM). The Specific surface area was determined by methylene blue adsorption method. Further, the catalytic activity on methylene blue degradation was determined by UV-Vis spectrophotometer. The results showed that the synthesized bentonite-Fe₂O₃ has a sharp peak which showed a high level of crystallinity, with particle size of 2726.9 nm, and contains Fe-O. SEM analysis showed that the surface of bentonite-Fe₂O₃ was more homogeneous than bentonite. The optimum photodegradation conditions occurred at photocatalyst mass of 100 mg, pH of 4, 2 hours of irradiation time, and dye concentration of 200 ppm. The effectiveness of photodegradation produced was (98,20 ± 0,0676)%.

Keywords: remazol brilliant blue, photocatalyst, bentonite-Fe₂O₃.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan industri tekstil di Indonesia yang semakin pesat menimbulkan dampak signifikan terhadap lingkungan perairan karena dalam prosesnya menggunakan zat warna. Zat warna yang digunakan biasanya

mengandung senyawa organik yang sulit didegradasi secara biologis. Zat warna sintesis banyak digunakan dalam industri tekstil karena terikat kuat pada kain yang menjadikan kain tidak mudah pudar, salah satu jenis zat warna ini adalah zat warna azo.

Zat warna azo bersifat sangat reaktif, salah satu contohnya adalah *remazol brilliant blue* yang memberikan warna-warna biru cerah dan tidak mudah luntur karena memiliki gugus kromofor dan auksokrom. Selain itu, zat warna ini juga memiliki kestabilan struktur aromatik kompleks yang sangat tahan terhadap reaksi oksidasi kimia. Namun, pewarna azo sangat beracun bagi biota perairan dan karsinogenik bagi manusia. Zat warna tekstil juga memberikan dampak negatif lain seperti pencemaran jika limbah yang mengandung zat warna tersebut dibuang secara langsung ke aliran sungai atau tidak diolah dengan baik sehingga masih mengandung zat yang berbahaya bagi makhluk hidup dan lingkungan [1].

Limbah cair dari zat warna tekstil harus diolah sebelum dibuang ke saluran air karena 95% limbah tersebut tidak dapat digunakan ulang [2]. Limbah cair dari zat warna tekstil yang tidak diolah akan menjadi permasalahan yang semakin luas di daerah industri. Molekul zat warna yang semakin banyak akan mengganggu proses fotosintesis dan merusak estetika.

Upaya penanganan masalah tersebut telah dilakukan dengan bermacam-macam cara. Secara konvensional misalnya adsorpsi menggunakan pasir aktif dan karbon aktif [3], atau lempung zeolite [4] sampai metode yang mutakhir seperti biodegradasi [5], iradiasi pengion [6], maupun teknologi plasma [7]. Namun, masing-masing metode tersebut memiliki kelebihan dan kekurangan. Metode konvensional tidak efektif dalam mendegradasi zat pencemar, sedangkan metode mutakhir memerlukan biaya yang cukup tinggi. Salah satu upaya alternatif pengolahan limbah adalah dengan menggunakan prinsip fotodegradasi [8] menggunakan fotokatalis [9].

Fotodegradasi dalam prosesnya menggunakan energi yang berasal dari cahaya (sinar matahari atau lampu UV) untuk mengaktifkan proses katalisis pada permukaan dari bahan semikonduktor yang akan menghasilkan radikal hidroksil (OH⁻)

pendegradasi polutan organik dan zat warna. Radikal hidroksil memiliki reaktivitas yang tinggi sehingga dengan meningkatnya jumlah radikal hidroksil maka semakin banyak zat warna yang terdegradasi. Sinar matahari yang sampai ke bumi memiliki intensitas yang lemah sehingga proses degradasi berlangsung lambat. Untuk meningkatkan laju tersebut maka digunakan fotokatalis berupa oksida logam yang memiliki sifat semikonduktor seperti TiO₂, ZnO, CuO, CdO, Fe₂O₃, dan sebagainya. Bahan semikonduktor juga memiliki kemampuan fotokatalitik sehingga ketika terkena cahaya pada panjang gelombang (λ) tertentu akan menjadi oksidator yang memiliki kemampuan untuk mendegradasi polutan organik menjadi senyawa yang lebih sederhana [10].

Lempung bentonit merupakan lempung yang mengandung 85% montmorillonit. Montmorillonit merupakan suatu mineral yang bersifat unik karena memiliki kemampuan mengembang (*swelling*), kapasitas tukar kation, dan dapat diinterkalasi [11]. Bentonit digunakan sebagai material paduan karena merupakan *nanoreinforcement* yang memiliki lapisan-lapisan berukuran nano [12].

Bentonit dapat dimodifikasi dengan meletakkan suatu spesies partikel yang berukuran nano diantara dua lembaran (*pillared clay*) yang saat ini sedang banyak dilakukan. Modifikasi lempung bentonit ini dapat meningkatkan luas permukaan. Komposit bentonit memiliki kapasitas adsorpsi terhadap senyawa anorganik dan logam-logam berat [13] dan kemampuan untuk mendegradasi warna melalui proses fotokatalisis [14].

Sisi aktif katalis dapat diperbanyak dengan penambahan pendukung pada katalis tersebut, yang biasa disebut metode impregnasi. Impregnasi dilakukan dengan cara mengadsorpsikan garam logam yang mengandung komponen aktif logam dalam larutan ke padatan bentonit. Dalam proses fotodegradasi, zat warna akan teradsorpsi pada suatu permukaan fotokatalis yang

akan mengalami degradasi dengan bantuan sinar UV. Namun, daya adsorpsi merupakan suatu kelemahan dari proses fotokatalisis maka diperlukan adsorben yang berupa lempung bentonit [15].

Proses interkalasi dilakukan dengan membuat Fe_2O_3 dalam bentuk senyawa kompleks antara ion Fe^{3+} (FeCl_3) dengan Na_2CO_3 agar membentuk Fe_2O_3 yang dapat masuk ke ruang antarlapis lempung. Selanjutnya prekursor diimpregnasi dan dikalsinasi pada suhu 350°C [16]. Karakterisasi padatan dilakukan dengan difraksi sinar-X (XRD) untuk mengidentifikasi fasa kristalin yang terbentuk, nanosizer/zetasizer dan SEM untuk menentukan ukuran dan muatan partikel dari fotokatalis yang terbentuk. Karakterisasi menggunakan FTIR untuk menentukan gugus fungsi.

2. PERCOBAAN

Bahan dan Peralatan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: bahan-bahan yang berkualitas pro analisis (p.a) yang meliputi: *remazol brilliant blue*, lempung bentonit, 0,1 M larutan FeCl_3 , *methylene blue*, 1 M larutan HCl, 0,1 N larutan AgNO_3 , 0,1 M larutan NaCl, serbuk Na_2CO_3 , aqua demineralisasi (aqua DM), dan pH universal.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi gelas beker, gelas ukur, timbangan analitik, *magnetic stirrer*, batang pengaduk, *hot plate*, tanur, pipet tetes, plastik hitam, kotak radiasi, oven, pengayak 106 μm , cawan porselin serta mortar, dan lampu Philips. Alat *Fourier Transform Infra Red* (FTIR), *X-Ray Diffraction* (XRD), *Scanning Electron Microscopy* (SEM), dan *Nanosizer/zetasizer*.

2.2 Metode

Sintesis Fotokatalis [16]

Fotokatalis dibuat dengan melarutkan 70 gram bentonit (Na-Bentonit)

yang telah diaktivasi dalam 500 mL aqua DM dan diaduk selama 3 jam sehingga membentuk suspensi yang homogen. Pada wadah lain, dibuat larutan pemilar 500 mL FeCl_3 0,2 M. Ditambahkan Na_2CO_3 sedikit demi sedikit ke dalam larutan pemilar sambil diaduk selama 3 jam. Dicampurkan larutan pemilar tersebut ke dalam suspensi bentonit dan diaduk selama 3 jam. Selanjutnya didiamkan selama 48 jam. Kemudian bentonit dicuci dengan aqua DM berkali-kali sampai pH 7. Endapan dikeringkan dalam *oven* pada temperatur 120°C selama semalam. Setelah kering padatan digerus dan diayak dengan pengayak ukuran 106 μm . Selanjutnya serbuk dikalsinasi pada suhu 350°C selama 4 jam. Terakhir, bentonit digerus pelan-pelan hingga menjadi bubuk halus dan diayak dengan pengayak 106 μm . Hasil kemudian dikarakterisasi menggunakan XRD, FTIR, Nanosizer/zetasizer, dan SEM.

2.2.2. Luas Permukaan

Metode *methylene blue* digunakan untuk mengukur luas permukaan dengan adsorpsi *methylene blue* 200 ppm selama 5, 10, 15, 20, 40, dan 60 menit dengan 0,1 gram fotokatalis sambil diaduk dengan *magnetic stirrer*.

Penentuan Massa Fotokatalis Optimum

Penentuan konsentrasi fotokatalis optimum dilakukan dengan memvariasikan massa fotokatalis sebanyak 50, 100, 150, 200, 250, dan 300 mg untuk mendegradasi larutan zat warna 200 ppm. Diirradiasi dengan lampu UV selama 5 jam, sambil diaduk dengan *magnetic stirrer*.

Penentuan pH Optimum Fotodegradasi

Penentuan pH optimum dilakukan dengan memvariasikan pH larutan zat warna 200 ppm pada pH 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, dan 10 untuk degradasi dengan massa fotokatalis 100 mg. Diirradiasi dengan lampu UV selama 5 jam, sambil diaduk dengan *magnetic stirrer*.

Penentuan Waktu Irradiasi Optimum

Penentuan waktu irradiasi optimum dilakukan dengan mendegradasi larutan zat warna 200 ppm pada pH 4, massa fotokatalis 100 mg untuk mendegradasi larutan zat warna 200 ppm. Diirradiasi dengan lampu UV dengan variasi waktu 1, 2, 3, 4, 5, dan 6 jam sambil diaduk dengan *magnetic stirrer*.

Penentuan Konsentrasi Zat Warna Optimum

Penentuan konsentrasi zat warna optimum dilakukan dengan mendegradasi larutan zat warna 50, 100, 150, 200, 250, dan 300 ppm pada massa fotokatalis 100 mg, pH 4, waktu optimum irradiasi 2 jam.

Penentuan Efektivitas Proses Fotodegradasi

Efektivitas fotodegradasi dilakukan dengan menyiapkan sebanyak 3 buah gelas beker 250 mL yang telah dibungkus plastik hitam dan diisi 25,00 mL larutan *remazol brilliant blue* 200 ppm. Ke dalam gelas beker ditambahkan 100 mg fotokatalis bentonit-Fe₂O₃ dan diatur agar pH campuran 4. Selanjutnya, campuran diirradiasi sinar UV sambil diaduk dengan *magnetic stirrer* selama 2 jam.

Dalam semua proses, konsentrasi zat warna yang tidak terdegradasi ditentukan dengan mengukur absorbansi filtrat setelah campuran hasil fotodegradasi disaring. Konsentrasi ditentukan dengan metode kalibrasi. Kemudian konsentrasi *remazol brilliant blue* dimasukkan ke dalam rumus persentase degradasi (%D) dengan persamaan sebagai berikut:

$$\% D = \frac{C_0 - C_t}{C_0} \times 100\%$$

C₀ = konsentrasi awal *remazol brilliant blue*

C_t = konsentrasi *remazol brilliant blue* setelah degradasi

3. HASIL dan PEMBAHASAN

Fotokatalis Bentonit-Fe₂O₃

Fotokatalis bentonit-Fe₂O₃ dibuat dengan mencampur bentonit alam dan larutan pemilars besi (III) klorida (FeCl₃) dengan bubuk natrium karbonat (Na₂CO₃). Reaksi yang terjadi adalah:

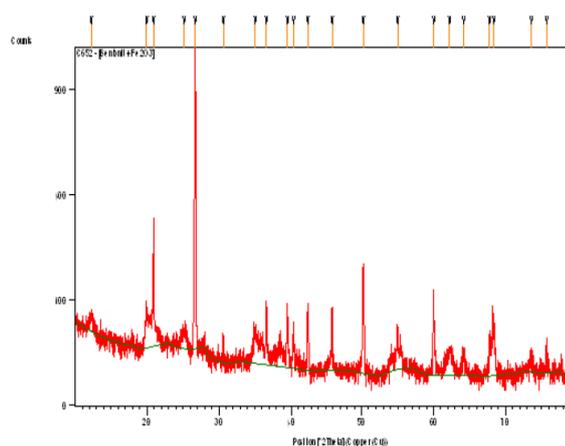


Endapan besi karbonat yang terbentuk dikeringkan dalam oven pada suhu 120⁰C selama 24 jam. Setelah kering, diayak dalam ayakan 106 μm. Selanjutnya dikalsinasi pada suhu 350⁰C selama 4 jam untuk merubah besi karbonat menjadi komposit Fe₂O₃, dengan reaksi sebagai berikut [17]:



Kristalinitas Bentonit-Fe₂O₃

Difraktogram XRD bentonit-Fe₂O₃ (Gambar 1) memperlihatkan puncak-puncak yang mempunyai intensitas tinggi sehingga sudah dapat dikatakan fasa kristalin. Intensitas dari difraksi sinar X mengindikasikan kesempurnaan kristal dan kerapatan susunan atom dalam kristal. Semakin runcing dan tinggi refleksi intensitas suatu material maka kristalitasnya semakin baik dan susunannya semakin rapat.



Gambar 1. Difraktogram bentonit-Fe₂O₃

Bentonit mempunyai ukuran yang lebih kecil dibandingkan dengan bentonit-Fe₂O₃, namun perbedaannya tidak signifikan (Tabel 1).

Tabel 1. Analisis Bentonit dan Bentonit-Fe₂O₃ dengan Nanosizer/zetasizer

Nama sampel	Hasil Analisis	
	PSA (nm)	Zeta Potensial(mV)
Bentonit	2707,6	-43,2
Bentonit- Fe ₂ O ₃	2726,9	-80,5

Pengukuran zeta potensial menunjukkan permukaan bentonit dan bentonit-Fe₂O₃ bermuatan negatif. Namun, bentonit-Fe₂O₃ menunjukkan muatan yang lebih negatif daripada bentonit. Muatan negatif yang besar dari bentonit-Fe₂O₃ ini kurang efisien untuk mendegradasi zat warna *remazol brilliant blue* yang bermuatan negatif, sehingga diperlukan pengaturan pH agar proses degradasinya lebih efektif. Pada pH 4 permukaan fotokatalis Fe₂O₃ bermuatan positif dan warna *remazol brilliant blue* bermuatan negatif. *Remazol brilliant blue* yang bermuatan negatif akan lebih mudah teradsorpsi pada permukaan Fe₂O₃ yang bermuatan positif. Adsorpsi *remazol brilliant blue* menjadi meningkat dengan adanya interaksi elektrostatik antara *Remazol brilliant blue* dengan Fe₂O₃.

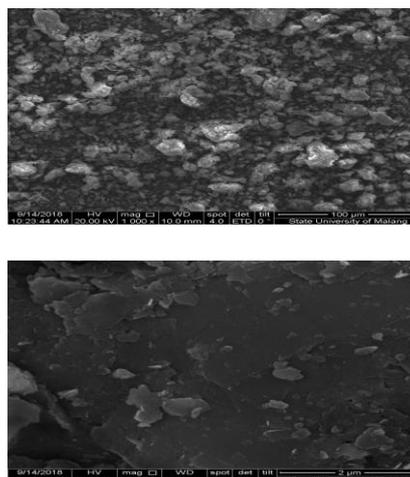
Morfologi Partikel Bentonit-Fe₂O₃

Hasil SEM pada perbesaran 1000 kali ini menunjukkan ukuran kristal dari bentonit-Fe₂O₃ hampir homogen. Pada perbesaran 50.000 kali bentonit-Fe₂O₃ mempunyai porositas yang cukup besar yang ditunjukkan oleh adanya cekungan yang berwarna hitam yang mengindikasikan bagian dari pori yang lebih besar (Gambar 2).

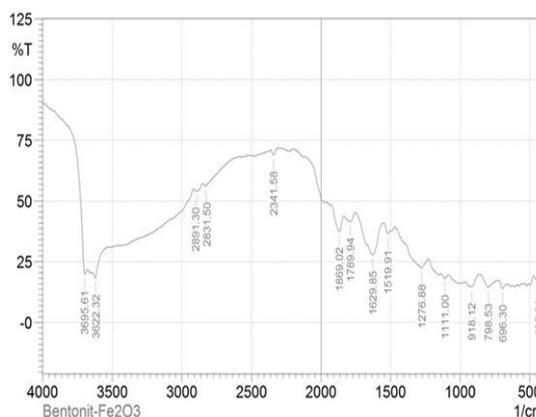
Karakterisasi dengan FTIR

Karakteristik vibrasi yang dimiliki oleh fotokatalis bentonit-Fe₂O₃ yaitu pada bilangan gelombang. 3622,32-3695,61 cm⁻¹ yang merupakan serapan dari -OH (*stretching*). Pada bilangan 1111,0 cm⁻¹ adalah serapan dari Si-O-Si (*stretching*), dan 928,12 cm⁻¹ merupakan vibrasi Al-O.

Bilangan gelombang 435,91 cm⁻¹ merupakan vibrasi Fe-O (Gambar 3).



Gambar 2. SEM perbesaran 1000 (atas) dan 50.000 kali (bawah)



Gambar 3 . Spektra FTIR bentonit-Fe₂O₃

Luas Permukaan

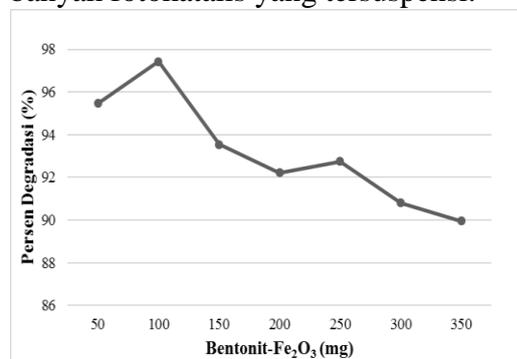
Luas permukaan pada penelitian ini ditentukan dengan metode *methylene blue*. Luas permukaan rata-rata bentonit-Fe₂O₃ adalah 185,1109 m²/g. Luas permukaan suatu adsorben dipengaruhi oleh beberapa faktor yang meliputi: ukuran pori, letak pori, dan bentuk pori. Luas permukaan pori ini mewakili luas permukaan aktif dari pori yang bisa bereaksi dengan reaktan.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa bentonit-Fe₂O₃ memiliki luas permukaan yang lebih besar daripada hasil penelitian Dewi dkk. [9] yang menunjukkan hasil pengukuran adsorben bentonit sebesar 47,6473 m²/g dan

adsorben bentonit dengan modifikasi Fe_2O_3 sebesar $47,8140 \text{ m}^2/\text{g}$. Hal ini mungkin karena fotokatalis hasil penelitian mempunyai jumlah pori lebih banyak yang menyebabkan luas permukaannya lebih besar.

Massa Fotokatalis Bentonit- Fe_2O_3 Optimum

Gambar 4 menunjukkan bahwa penggunaan fotokatalis yang meningkat dari 50 mg ke 100 mg menghasilkan peningkatan persentase degradasi *remazol brilliant blue*. Persentase degradasi zat warna *remazol brilliant blue* terbesar terjadi pada saat penambahan fotokatalis sebanyak 100 mg. Massa fotokatalis diatas 100 mg justru menurunkan persentase degradasi. Kondisi ini menandakan penambahan jumlah fotokatalis yang melebihi kondisi optimum 100 mg tidak efektif dalam membentuk radikal hidroksil dan ion superoksida karena fotokatalis tidak mendapatkan penyinaran UV sepenuhnya yang menyebabkan semakin banyak fotokatalis yang tersuspensi.

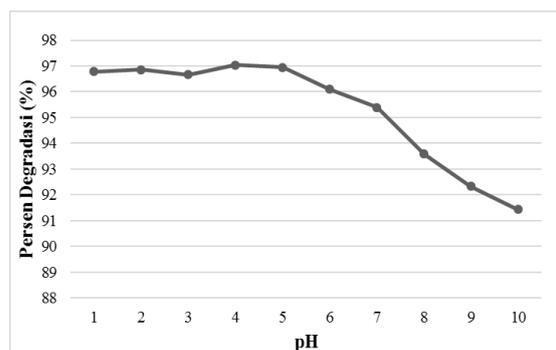


Gambar 4. Pengaruh massa fotokatalis bentonit- Fe_2O_3 terhadap persentase degradasi (%).

pH Optimum Fotodegradasi *Remazol Brilliant Blue*

Pada Gambar 5, terlihat bahwa persentase degradasi larutan *remazol brilliant blue* mencapai maksimum pada pH 4 dengan persentase degradasi rata-rata sebesar 97,03%. Persentase degradasi pada pH 1 sampai dengan 3 cenderung konstan, sedangkan pada pH diatas 4 cenderung

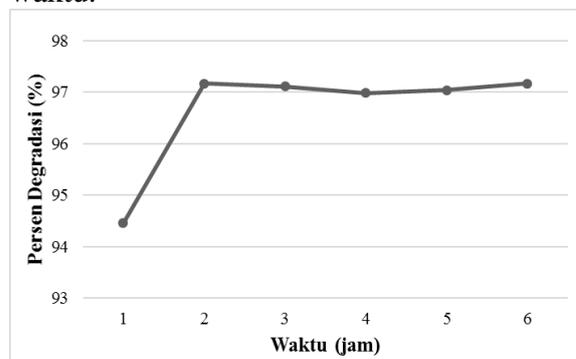
menurun. *Remazol brilliant blue* lebih mudah terdegradasi pada pH asam daripada pH basa. Hal ini karena zat warna *remazol brilliant blue* bermuatan negatif, sedangkan permukaan fotokatalis Fe_2O_3 bermuatan positif pada pH asam sehingga kontak antara keduanya dapat terjadi, yang berakibat terdegradasinya zat warna tersebut



Gambar 5. Pengaruh pH larutan terhadap persentase degradasi (%).

Waktu Irradiasi Optimum

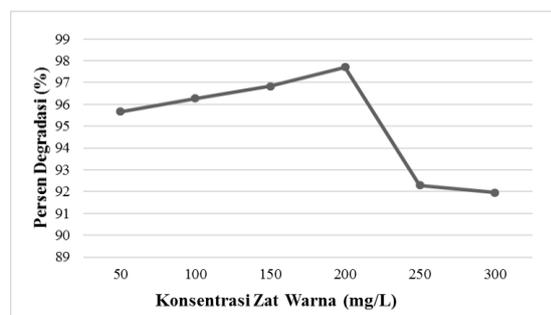
Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa banyaknya *remazol brilliant blue* yang terdegradasi meningkat dari 1 jam ke 2 jam (Gambar 6). Hal ini disebabkan karena semakin lama waktu degradasi, maka semakin banyak kontak yang terjadi antara *remazol brilliant blue* dengan fotokatalis. Akibatnya, semakin banyak molekul *remazol brilliant blue* yang terdegradasi. Setelah mencapai diatas 2 jam, proses degradasi tergolong konstan. Hal ini membuktikan proses yang terjadi merupakan fotodegradasi karena tidak terjadinya desorpsi seiring penambahan waktu.



Gambar 6. Pengaruh lama irradiasi terhadap persentase degradasi (%).

Konsentrasi Optimum *Remazol Brilliant Blue*

Persentase degradasi secara optimum tercapai pada konsentrasi larutan 200 ppm, namun ketika konsentrasi larutan zat warna bertambah maka persentase degradasi menurun. *Remazol brilliant blue* pada konsentrasi lebih tinggi memiliki jumlah molekul yang lebih banyak, akibatnya molekul tersebut menutupi permukaan fotokatalis. Tertutupnya permukaan fotokatalis menyebabkan kurangnya pembentukan pasangan hole (h^+_{vb}) dan elektron (e^-) sehingga OH radikal ($\bullet OH$) dan radikal superoksida ($\bullet O_2^-$) yang berfungsi untuk mereduksi dan mengoksidasi zat warna.



Gambar 7. Pengaruh konsentrasi zat warna *remazol brilliant blue* terhadap persentase degradasi (%)

Efektivitas Fotodegradasi *Remazol Brilliant Blue*

Tabel. 2. Efektivitas Degradasi dengan

Material	Degradasi rata-rata dengan sinar UV (%)	Degradasi rata-rata tanpa sinar UV (%)
Bentonit	46,56 ± 0,8094	45,37 ± 0,0812
Fe ₂ O ₃	63,40 ± 0,6917	1,06 ± 0,0050
Bentonit-Fe ₂ O ₃	98,20 ± 0,0676	47,20 ± 0,2408

dan Tanpa UV

Berdasarkan Tabel 2. dapat diketahui persentase degradasi (%) *remazol brilliant blue* dengan bentonit, katalis

Fe₂O₃, dan bentonit-Fe₂O₃ pada kondisi optimumnya yang dilakukan dengan cahaya dan tanpa cahaya. Pada kondisi dikenai cahaya, fotokatalis bentonit-Fe₂O₃ lebih efektif dalam mendegradasi larutan *remazol brilliant blue* pada 200 ppm. Hal ini sangat efektif untuk diaplikasikan dalam pengolahan limbah zat warna tekstil yang biasanya mengandung polutan seperti zat warna dengan konsentrasi tinggi. Jika dibandingkan, bentonit menghasilkan persentase degradasi rata-rata 46,56%, katalis Fe₂O₃ sebesar 63,40% dan fotokatalis bentonit-Fe₂O₃ sebesar 98,20%. Fotokatalis bentonit-Fe₂O₃ mempunyai kemampuan mendegradasi zat warna paling efektif mengacu pada Keputusan Menteri Lingkungan Hidup yaitu Kep-51/MENLH/10/1995 tentang baku mutu limbah cair, konsentrasi warna cair maksimum yang diperbolehkan yaitu 5-10 mg/L.

Pada kondisi dengan cahaya, bentonit murni menghasilkan persentase degradasi yang rendah karena hanya terjadi proses adsorpsi dan suatu saat jika dalam keadaan jenuh akan terjadi desorpsi. Katalis Fe₂O₃ mempunyai kemampuan mendegradasi yang lebih tinggi karena berfungsi sebagai katalis yang mempercepat reaksi redoks sehingga kontak antara zat warna dengan katalis tersebut besar. Fotokatalis bentonit-Fe₂O₃ memberikan persentase degradasi paling tinggi yang membuktikan terjadinya proses degradasi. Zat warna yang telah masuk ke dalam fotokatalis bentonit-Fe₂O₃ akan didegradasi oleh radikal hidroksil sehingga dihasilkan CO₂, H₂O, dan asam mineral. Hal inilah yang membedakan proses adsorpsi dan degradasi. Pada degradasi dihasilkan CO₂, H₂O, dan asam mineral sehingga tidak akan mengalami desorpsi. Terjadinya degradasi diperkuat dengan turunnya pH suspensi dari 4 menjadi 3, yang mengindikasikan terbentuknya asam mineral.

Pada kondisi tanpa cahaya, bentonit murni dapat menurunkan konsentrasi zat warna sebesar 45,37%, Fe₂O₃ sebesar

1,06%, dan bentonit-Fe₂O₃ sebesar 47,20%. Perbedaan persentase degradasi yang besar antara proses dengan dan tanpa radiasi ini membuktikan bahwa pada proses tanpa cahaya tidak terjadi degradasi, melainkan hanya adsorpsi. Penurunan konsentrasi oleh bentonit-Fe₂O₃ hampir sama dengan bentonit murni. Hal ini karena yang Fe₂O₃ telah masuk ke dalam bentonit tidak aktif sebagai fotokatalis pada keadaan tanpa cahaya sehingga hanya mempunyai kemampuan adsorpsi seperti bentonit murni. Sedangkan Fe₂O₃ merupakan suatu katalis sehingga tidak mempunyai kemampuan adsorpsi. Uji menggunakan pH universal juga tidak menunjukkan penurunan pH diakhir proses adsorpsi, yang menguatkan dugaan tidak terjadinya degradasi.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka diperoleh simpulan sebagai berikut: Persentase fotodegradasi paling optimum diperoleh pada massa bentonit-Fe₂O₃ 100 mg, pH 4, waktu radiasi 2 jam, dan konsentrasi zat warna 200 ppm. Fotodegradasi menggunakan fotokatalis bentonit-Fe₂O₃ dengan sinar UV pada kondisi optimumnya dapat mendegradasi zat warna *remazol brilliant blue* sebesar 98,20%

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Laboratorium Penelitian Kimia Universitas Udayana atas fasilitas yang telah diberikan, Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Dr. Ir. I Gusti Ayu Kunti Sri Panca Dewi, M.Si., I Nengah Simpen, S. Si., M. Si., dan A.A.I.A Mayun Laksmiwati, S.Si., M. Si., yang telah memberikan saran untuk perbaikan dan penyempurnaan penelitian ini

6. DAFTAR PUSTAKA

[1] Fayazi M., Taher M. A., Afzali D., and Mostafani, A. Enhanced Fenton Like Degradation of Methylene Blue

by Magnetically Activated Carbon/Hydrogen Peroxide with Hydroxylamine as Fenton Enhancer. *Journal of Molecular Liquids*, 2016, 216, 751-787.

- [2] Romiyati. Sintesis dan Karakterisasi Nanokatalis Ni_(1-x)V_xFe₂O₄ sebagai Fotokatalis pada Fotodegradasi. M.Si. Tesis, Universitas Lampung, 2016.
- [3] Sumarni. Adsorpsi Zat Warna dan Zat Padat Tersuspensi dalam Limbah Cair Batik. *Prosiding : Seminar Nasional Aplikasi Sains dan Teknologi*. Yogyakarta, 2012.
- [4] Kamalia, L. Adsorpsi Zat Warna Methyl Orange Menggunakan Zeolit dari Abu Dasar Batubara. S.Si. Skripsi, UIN Sunan Kalijaga, 2013.
- [5] Carliell C. M., Barclay S. J., Buckley C. A., Mulholland D. A., and Senior E. Microbial Decolorization of Reactive Red Dye Under Anaerobic Condition. *Water SA*, 1995, 21(1), 61-69
- [6] Indragini. Degradasi 4,4-Dikloro Bifenil dengan Kombinasi Proses Fotokatalis dan Radiasi Gamma Menggunakan Nanokomposit Karbon Aktif Zeolit Alam TiO₂. M.Si. Tesis, Universitas Indonesia, 2011
- [7] Cristiana M., Mu'nisatun, Saptaji R., dan Marjanto D. Studi Pendahuluan Mengenai Degradasi Zat Warna Azo dalam Pelarut Air Menggunakan Mesin Bekas Elektron 350 keV/10m. Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir. 2005.
- [8] Alinsafi A. F., Aveou E. M., Abdulkarim M. N., Pons O., Zahraa A.B., and Nejmeddine A. Treatment of Textile Industry Wastewater by Supported Photocatalysis. *Dyes and Pigments*, 2006, 72(2), 439-445
- [9] Dewi M. A., Suprihatin I. E., dan Sibarani J. Fotodegradasi Zat Warna Remazol Brilliant Blue dengan Bentonit Terimpregnasi Fe₂O₃. *Jurnal Kimia*, 2017, 11(1), 82-87.

- [10] Wijaya K., Sugiharto E., Fatimah I., Sudiono S., dan Kurniaysih D. Utilisasi TiO_2 -Zeolit dan Sinar UV untuk Fotodegradasi Zat Warna Congo Red. *Berkala MIPA*, 2006, 3, 27-35.
- [11] Widihati I. A. G. Adsorpsi Ion Pb oleh Lempung Terinterkalasi Surfaktan, *Jurnal Kimia*, 2012, 3(1), 27-32.
- [12] Dhena R, B., Rudi H., Santos, Pengaruh Komposisi Montmorillonit pada Pembuatan Polipropilen-Nanokomposit terhadap Kekuatan Tarik dan Kekerasannya, *Seminar Nasional Teknik Kimia*, 2011.
- [13] Permanasari A., Della, dan Zackiyah. Adsorpsi Simultan Kitosan-Bentonit Terhadap Ion Logam dan Residu Pestisida dalam Air Minum dengan Teknik Batch. *Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia Universitas Negeri Yogyakarta*. 2011.
- [14] Ika M., dan Datin F. U. Pemanfaatan Bentonit sebagai Penjernih Minyak Pelumas Bekas Hasil Proses Daur Ulang dengan Batubara. *Jurnal Bahan Galian Industri*, 2008, 12(33), 17-21.
- [15] Fisli Adel. Adsorben Nanokomposit Oksida Besi-Bentonit untuk Pengolahan Limbah Nuklir dan Non-Nuklir. Pusat Teknologi Bahan Industri Nuklir BATAN. 2008.
- [16] Feng J., Hu X., and Yue P.L. Novel Bentonite Clay-Based Fe-Nanocompositas a Heterogeneous Catalyst for Photo-Fenton Discoloration and Mineralization of Orange II. *Environmental Science and Technology Journal*. 2004, 38(1), 269-275.
- [17] Jazi F. S., Parvina N., Rabiei M., Tahri M., Shabestari Z. M., and Azadmehr A. R. The Effect of The Synthesis Route on The Grain Size and Morphology of ZnO/Ag Nanocomposite. *Journal of Ceramic Processing Research*, 2012, 13(5), 523-526.