



dapat diakses melalui <http://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jmuo>



## Aktivitas Fotokatalitik $\text{TiO}_2$ – Karbon Aktif dan $\text{TiO}_2$ – Zeolit pada Fotodegradasi Zat Warna *Remazol Yellow*

Michelle Poluakan <sup>a\*</sup>, Audy Wuntu <sup>a</sup>, Meiske S. Sangi <sup>a</sup>

<sup>a</sup>Jurusan Kimia, FMIPA, Unsrat, Manado

### KATA KUNCI

fotodegradasi  
karbon aktif  
zeolit  
 $\text{TiO}_2$   
*remazol yellow*

### ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian untuk mengetahui aktivitas fotokatalitik dari modifikasi katalis dan adsorben  $\text{TiO}_2$  – karbon aktif dan  $\text{TiO}_2$  – zeolit pada degradasi zat warna *remazol yellow*. Penelitian ini menggunakan metode fotodegradasi dengan iradiasi sinar UV. Zeolit sintetis dibuat dari campuran larutan silikat dan larutan aluminat dan karbon aktif yang digunakan adalah arang komersil. Sintesis  $\text{TiO}_2$  – zeolit dibuat dengan melarutkan  $\text{TiO}_2$  dan zeolit dalam etanol absolut 99% kemudian dikalsinasi. Sintesis  $\text{TiO}_2$  – karbon aktif dilakukan dengan cara sonifikasi. Selanjutnya proses fotodegradasi oleh sinar UV terhadap *remazol yellow* yang dibuat dengan variasi konsentrasi 2, 4, 6, 8, 10, 20, 30, 40, dan 50 ppm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa  $\text{TiO}_2$  – karbon aktif mendegradasi *remazol yellow* dalam jumlah yang lebih banyak dibandingkan  $\text{TiO}_2$  – zeolit. Persentasi *remazol yellow* terdegradasi oleh  $\text{TiO}_2$  – zeolit yang tertinggi sebesar 83% pada konsentrasi awal 20 ppm dan untuk  $\text{TiO}_2$  – karbon aktif mampu mendegradasi sampai 95% pada konsentrasi awal 30 ppm.

### KEYWORDS

photodegradation  
activated carbon  
zeolite  
 $\text{TiO}_2$   
*remazol yellow*

### ABSTRACT

A research has been conducted to determine photocatalytic activities of photocatalyst and adsorbent modifications of  $\text{TiO}_2$  - Activated Carbon ( $\text{TiO}_2$ -AC) and  $\text{TiO}_2$  - Zeolite . This study was done using photodegradation methode by UV light irradiation. Synthetic zeolite was made from mixture of silicat solution and aluminat solution and activated carbon used was obtained from commercial charcoal. The synthesis of  $\text{TiO}_2$  – zeolite was made by dissolving  $\text{TiO}_2$  and zeolite in absolute ethanol 99% and then calcinated. The synthesis of  $\text{TiO}_2$  – activated carbon was made by sonification. The following process was photodegradation by UV light irradiation on *remazol yellow* dye with various concentration of 2, 4, 6, 8, 10, 20, 30, 40, and 50 ppm. The results showed that  $\text{TiO}_2$ -AC was capable of degradating *remazol yellow* more than  $\text{TiO}_2$  – Zeolite could do. The highest percentage of *remazol yellow* degraded by  $\text{TiO}_2$  – Zeolite was 83% on initial concentration of 20 ppm, whereas  $\text{TiO}_2$ -AC could do 95% on initial concentration of 30 ppm.

### TERSEDIA ONLINE

29 juli 2015

### 1. Pendahuluan

Industri tekstil yang berkembang pesat saat ini di Indonesia memberikan sumbangsih dalam peningkatan taraf hidup masyarakat namun dibalik itu berpotensi merusak lingkungan. Dampak negatif dari pembangunan industri tekstil tersebut terutama

dari limbah proses pencelupan dimana mengandung zat warna dan logam berat (Riyani et al., 2008). Limbah cair zat warna yang tidak diolah sedemikian rupa berdampak mencemari lingkungan perairan. Menurut Batista et al. (2010) banyaknya molekul zat warna dalam air akan mengganggu

\*Corresponding author: Jurusan Kimia FMIPA UNSRAT, Jl. Kampus Unsrat, Manado, Indonesia 95115; Email address: michellepoluakan@gmail.com

proses fotosintesis. Selain itu dapat merusak estetika badan perairan akibat munculnya bau busuk.

Salah satu metode yang biasa digunakan untuk mengatasi limbah industri yang mengandung zat warna adalah melalui proses degradasi fotokatalisis  $\text{TiO}_2$  yang berfungsi sebagai katalisator dalam degradasi senyawa-senyawa pencemar organik. Proses fotokatalisis dapat memecahkan sejumlah besar variasi senyawa organik menjadi  $\text{CO}_2$ , air dan garam mineral sebagai produk hasil degradasi (Subramani et al., 2006).

Semikonduktor  $\text{TiO}_2$  telah lama dilaporkan sebagai fotokatalis yang menjanjikan karena harganya yang murah dan memiliki efektifitas yang tinggi. Aktivitas fotokatalitik dari  $\text{TiO}_2$  dapat ditingkatkan dengan memodifikasi struktur, luas permukaan dan ukuran partikel (Zaleska, 2008). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Basuki pada tahun 2007, karbon aktif merupakan media adsorpsi yang tepat untuk disisipkan katalis  $\text{TiO}_2$  karena dapat menangkap dan menyerap partikel-partikel sangat halus selain itu tidak bersifat racun, mudah didapat dan ekonomis. Hasil penelitian yang dilaporkan oleh Septiani et al. Pada tahun 2013, karbon aktif dapat meningkatkan aktivitas fotokatalitik dari  $\text{TiO}_2$  dengan memperluas permukaan dari  $\text{TiO}_2$ . Dari hasil karakterisasi dengan *Scanning Electron Microscopy*, karbon aktif dapat mencegah penggumpalan antara partikel-partikel  $\text{TiO}_2$ .

Modifikasi lain yang juga dapat meningkatkan aktivitas fotokatalitik dari  $\text{TiO}_2$  adalah dengan mengembangkan  $\text{TiO}_2$  pada zeolit. Zeolit dapat digunakan sebagai adsorben karena merupakan polimer anorganik berongga yang tersusun dari satuan berulang berupa tetrahedral  $\text{SiO}_2$  dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Menurut Saputra (2006) secara umum zeolit mampu menyerap, menukar ion dan menjadi katalis, membuat zeolit sintesis dapat dikembangkan untuk keperluan alternatif pengolahan limbah. Hasil penelitian yang dilaporkan oleh Wijaya et al. Pada tahun 2006 bahwa  $\text{TiO}_2$  - zeolit mampu mendegradasi zat warna *congo red* hingga 99%.

Pada penelitian ini dilakukan pengujian fotodegradasi zat warna *remazol yellow* dengan menggunakan modifikasi  $\text{TiO}_2$  - karbon aktif dari arang komersil dan juga diuji menggunakan  $\text{TiO}_2$  - Zeolit.

## 2. Metode

### 2.1. Material

Peralatan utama yang digunakan adalah spektrofotometer UV-Vis (Shimadzu UV-1800), lampu UV - A (Himawari T8 - 20 W), oven (Memmert), centrifuge (Gemmy PLC- 025), tanur (RKC IND 88), sonikator (Eyela), timbangan analitik (Adam PW 254), dan peralatan gelas (Iwaki Pyrex).

Bahan-bahan yang digunakan adalah arang komersil yang diperoleh dari PT. Mapalus

Makawanua Charcoal Industry Bitung, zat warna *remazol yellow*, titanium dioksida, silika gel, aluminium hidroksida, natrium hidroksida, etanol, dan akuades.

## 2.2. Prosedur

### 2.2.1. Sintesis Zeolit

Pembuatan zeolit mengikuti prosedur yang dikemukakan oleh Wuntu (2002). Silika gel sebanyak 6,164 gram dilarutkan dengan sempurna dalam 40 ml natrium hidroksida 12 M. Setelah semua silika gel larut, ditambahkan 25 ml akuades. Dalam wadah lainnya, 8 gram aluminium hidroksida dilarutkan dalam 40 ml natrium hidroksida 12 M dan setelah larut ditambahkan 25 ml akuades. Kedua larutan selanjutnya dicampur sambil diaduk dan segera ditambahkan 210 ml akuades sambil terus diaduk.

Campuran selanjutnya segera dipindahkan ke dalam wadah plastik tertutup dan dipanaskan dalam oven dengan suhu  $90^\circ\text{C}$  selama 4 jam. Setelah itu campuran didinginkan hingga mencapai temperatur ruang lalu didekantasi dan disaring kemudian dicuci dengan akuades hingga filtratnya netral. Kristal yang diperoleh dikeringkan di oven pada suhu  $80^\circ\text{C}$  selama 24 jam.

### 2.2.2. Sintesis $\text{TiO}_2$ - Zeolit

Pembuatan  $\text{TiO}_2$ - zeolit dibuat berdasarkan penelitian dari Andari dan Wardhani (2014). Zeolit ditimbang sebanyak 3 gram dan dicampurkan ke dalam 2,4 gram  $\text{TiO}_2$ , selanjutnya ditambahkan 10 mL etanol absolut 99 %, diaduk menggunakan pengaduk magnet selama 5 jam.  $\text{TiO}_2$ - zeolit dikeringkan dalam oven selama 5 jam dengan temperatur  $120^\circ\text{C}$ , setelah kering  $\text{TiO}_2$ -zeolit digerus. Selanjutnya padatan dikalsinasi pada suhu  $500^\circ\text{C}$  selama 5 jam.

### 2.2.3. Sintesis $\text{TiO}_2$ - Karbon Aktif

Modifikasi fotokatalis  $\text{TiO}_2$  - karbon aktif berdasarkan prosedur oleh Riyani dan Setyaningtyas (2011) dibuat dengan perbandingan 9,5 : 0,5 gram.  $\text{TiO}_2$  dan karbon aktif selanjutnya disuspensikan dalam air demineralisasi, kemudian diletakkan dalam sonikator selama 5 jam, dan disaring. Setelah itu  $\text{TiO}_2$  - karbon aktif dikeringkan dalam oven dengan suhu  $105^\circ\text{C}$  selama 24 jam.

### 2.2.4. Uji Aktivitas Fotodegradasi *Remazol Yellow* oleh $\text{TiO}_2$ - KA dan $\text{TiO}_2$ - Zeolit

Zat warna dibuat dengan variasi konsentrasi 2, 4, 6, 8, 10, 20, 30, 40, dan 50 ppm. Selanjutnya fotokatalis  $\text{TiO}_2$  - KA dan  $\text{TiO}_2$  - zeolit masing-masing 0,05 gram dimasukkan ke dalam medium. Selanjutnya masing-masing medium untuk setiap fotokatalis dimasukkan ke dalam botol serum dan diletakkan ke dalam reaktor dan diberi sumber sinar dari lampu UV selama 3 jam. Setelah itu medium disaring dan disentrifugasi selama 30 menit. Konsentrasi zat warna dianalisis dengan spektrofotometer UV-Vis dalam panjang gelombang 414 nm.

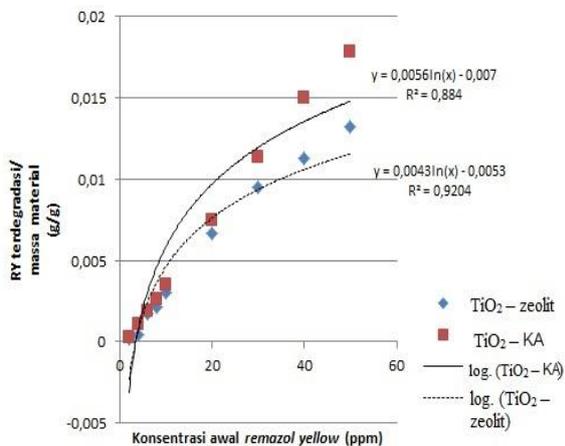
**2.2.5. Fotodegradasi Zat Warna Remazol Yellow oleh beberapa Material**

Fotokatalis TiO<sub>2</sub>, KA, zeolit, TiO<sub>2</sub> – KA, TiO<sub>2</sub> – zeolit, dan kontrol tanpa fotokatalis disiapkan. Setelah itu medium (zat warna 20 mL) dibuat dalam konsentrasi 20 ppm. Selanjutnya 0,05 gram masing-masing fotokatalis dimasukkan ke dalam medium. Selanjutnya masing-masing medium dimasukkan ke dalam botol serum dan diletakkan di dalam reaktor dan diberi sumber lampu UV selama 3 jam. Setelah itu medium disaring dan disentrifugasi selama 30 menit. Konsentrasi zat warna dianalisis dengan spektrofotometer UV-Vis dalam panjang gelombang 414 nm.

**3. Hasil dan Pembahasan**

**3.1. Uji Aktivitas Fotodegradasi Remazol Yellow oleh TiO<sub>2</sub> – KA dan TiO<sub>2</sub> – Zeolit**

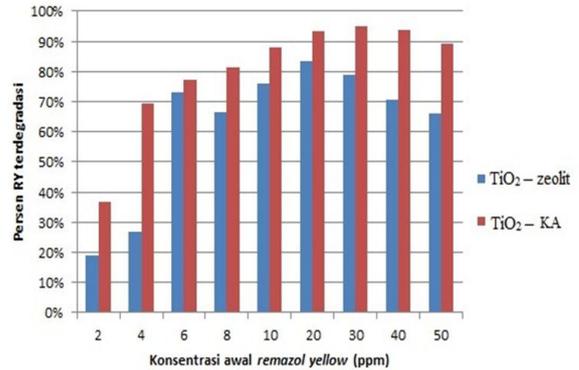
Jumlah zat warna *remazol yellow* yang terdegradasi per gram fotokatalis TiO<sub>2</sub> – KA dan TiO<sub>2</sub> –zeolit pada beberapa konsentrasi awal *remazol yellow* dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Jumlah *Remazol yellow* yang Terdegradasi per gram material TiO<sub>2</sub> – Zeolit dan TiO<sub>2</sub> – Karbon Aktif pada beberapa konsentrasi *remazol yellow*

Berdasarkan Gambar 1 terlihat bahwa TiO<sub>2</sub> – karbon aktif mendegradasi *remazol yellow* dalam jumlah yang lebih banyak daripada TiO<sub>2</sub> – zeolit. Kemampuan fotokatalitik yang berbeda pada kedua modifikasi tersebut disebabkan oleh perbedaan perbandingan jumlah material campuran fotokatalis TiO<sub>2</sub> dan adsorben. Pada modifikasi TiO<sub>2</sub> – karbon aktif jumlah material TiO<sub>2</sub> lebih banyak daripada karbon aktif sehingga interaksi antara sinar UV dengan TiO<sub>2</sub> sebagai fotokatalis tidak terhambat, berbeda halnya dengan TiO<sub>2</sub> – zeolit. Modifikasi TiO<sub>2</sub> – zeolit menggunakan campuran TiO<sub>2</sub> dalam jumlah yang lebih sedikit daripada material zeolit. Hal ini mempengaruhi aktivitas fotokatalitik TiO<sub>2</sub>. Sinar UV yang datang sedikit terhalangi untuk berinteraksi dengan TiO<sub>2</sub> karena zeolit yang menempel pada permukaan TiO<sub>2</sub> dalam jumlah yang lebih banyak menyebabkan permukaan TiO<sub>2</sub> tidak merata.

Konsentrasi awal zat warna *remazol yellow* pun berpengaruh terhadap jumlah zat warna yang terdegradasi. Grafik persentasi zat warna *remazol yellow* yang terdegradasi oleh TiO<sub>2</sub> – KA dan TiO<sub>2</sub> – zeolit pada beberapa konsentrasi awal *remazol yellow* tersaji dalam Gambar 2.



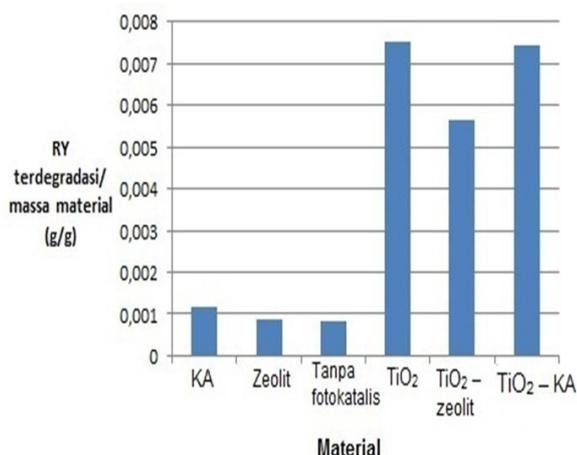
**Gambar 2.** *Remazol yellow* terdegradasi oleh TiO<sub>2</sub> – Zeolit dan TiO<sub>2</sub> – KA pada beberapa konsentrasi awal *remazol yellow*

Semakin tinggi konsentrasi awal *remazol yellow* semakin banyak jumlah yang terdegradasi. Seperti terlihat pada gambar 3, persentasi zat warna terdegradasi oleh TiO<sub>2</sub> – zeolit meningkat dari konsentrasi awal 2 ppm sebanyak 19% hingga mencapai yang tertinggi pada konsentrasi 20 ppm sebanyak 83%. Untuk TiO<sub>2</sub> – zeolit persentasi zat warna terdegradasi naik dari konsentrasi awal 2 ppm sebanyak 37% sampai yang tertinggi pada konsentrasi awal 30 ppm sebanyak 95%.

**3.2. Fotodegradasi Zat Warna Remazol Yellow oleh beberapa Material**

Jumlah zat warna *remazol yellow* yang terdegradasi oleh beberapa material pada konsentrasi awal *remazol yellow* 20 ppm disajikan dalam Gambar 3.

TiO<sub>2</sub> mendegradasi zat warna dalam jumlah lebih banyak karena peran utamanya sebagai fotokatalis yang membantu sinar UV untuk menyerang zat warna. Fotodegradasi *remazol yellow* oleh TiO<sub>2</sub> – KA memperlihatkan aktivitas fotokatalitik yang lebih tinggi daripada TiO<sub>2</sub> – zeolit karena jumlah material dalam campuran TiO<sub>2</sub> – KA mengandung lebih banyak material TiO<sub>2</sub> sedangkan campuran TiO<sub>2</sub> – zeolit mengandung lebih banyak material zeolit daripada TiO<sub>2</sub>. Jumlah material adsorben yang lebih banyak daripada fotokatalis TiO<sub>2</sub> membuat permukaan fotokatalis tidak merata sehingga interaksi antara sinar UV dan fotokatalis tidak maksimal. Sinar UV yang berinteraksi dengan TiO<sub>2</sub> menjadi sedikit terhalang oleh material adsorben yang lebih banyak daripada material TiO<sub>2</sub>.



**Gambar 3.** Jumlah Remazol yellow Terdegradasi oleh beberapa Material (Konsentrasi awal RY: 20 ppm, massa material: 0,05 g)

Hasil fotodegradasi zat warna *remazol yellow* menggunakan material karbon aktif dan material zeolit menunjukkan aktivitas fotodegradasi yang lebih rendah dibandingkan fotodegradasi yang menggunakan campuran TiO<sub>2</sub> - zeolit dan TiO<sub>2</sub> - KA. Hal ini dikarenakan zeolit dan karbon aktif berperan sebagai adsorben yang berfungsi untuk mengikat zat warna namun tidak memiliki kemampuan fotokatalitik. Sejumlah kecil zat warna *remazol yellow* yang berkurang kemungkinan besar teradsorpsi oleh material adsorben dan sebagian kecil terdegradasi oleh sinar UV. Pada fotodegradasi tanpa menggunakan fotokatalis menunjukkan aktivitas fotokatalitik paling rendah karena tidak adanya fotokatalis yang membantu mempercepat proses degradasi.

#### 4. Kesimpulan

1. TiO<sub>2</sub> - karbon aktif mendegradasi *remazol yellow* dalam jumlah yang lebih banyak dibandingkan TiO<sub>2</sub> - zeolit pada beberapa konsentrasi *remazol yellow*. Persentasi *remazol yellow* terdegradasi oleh TiO<sub>2</sub> - zeolit yang tertinggi sebesar 83% pada konsentrasi awal 20 ppm dan untuk TiO<sub>2</sub> - karbon aktif mampu mendegradasi sampai 95% pada konsentrasi awal 30 ppm.

2. Semakin tinggi konsentrasi awal *remazol yellow*, semakin banyak jumlah *remazol yellow* yang terdegradasi. Kenaikan jumlah *remazol yellow* terdegradasi hingga persentasi maksimum oleh TiO<sub>2</sub> - zeolit adalah pada konsentrasi awal 2 sampai 20 ppm, sedangkan untuk TiO<sub>2</sub> - karbon aktif pada konsentrasi awal 2 sampai 30 ppm.

#### Daftar Pustaka

- Andari, D.N., dan S. Wardhani. 2014. Fotokatalis TiO<sub>2</sub> - Zeolit Untuk Degradasi Metilen Biru. *Chem.Prog.* **1**:9-14.
- Batista, A.P.L., H. Carvalho, G. Luz, P. Martins, M. Goncalves, dan L. Oliveira. 2010. Preparation of CuO/SiO<sub>2</sub> and Photocatalytic Activity by Degradation of Methylene Blue. *Environ Chem Lett.* **8**:63-67.
- Riyani, K, T. Setyaningtyas, dan R. Andreas. 2008. Pengolahan Limbah Logam Berat Industri Tekstil Menggunakan Fotokatalis TiO<sub>2</sub>/Arang Aktif. *Molekul.* **3**:40-47.
- Riyani, K., dan T. Setyaningtyas. 2011. Pengaruh Karbon Aktif Terhadap Aktivitas Fotodegradasi Zat Warna Pada Limbah Cair Industri Tekstil Menggunakan Fotokatalis TiO<sub>2</sub>. *Molekul.* **6**:113-122.
- Saputra, R. 2006. Pemanfaatan Zeolit Sintetis Sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Industri. *Buletin IPT.* **4**:8-20.
- Subramani, A., K. Byrappa, S. Ananda, K. Lokanatha, C. Ranganathaiah, dan M. Yoshimura. 2006. Photocatalytic Degradation of Indigo Carmine Dye Using TiO<sub>2</sub> Impregnated Activated Carbon. *Bull.Mater.Sci.* **30**:37-41.
- Wijaya K., E. Sugiharto, I. Fatimah, S. Sudiono, dan D. Kurniaysih. 2006. Utilisasi TiO<sub>2</sub> - Zeolit dan Sinar UV untuk Fotodegradasi Zat Warna Congo Red. *Berkala MIPA.* **16**:27-35.
- Wuntu, A.D. 2002. Sintesis dan Karakterisasi Aluminosilikat Serupa Zeolit. *Jurnal Ilmiah Sains.* **2**:4-7.
- Zaleska, A. 2008. Doped- TiO<sub>2</sub>. *Recent Patents on Engineering.* **2**:157-164.