



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



## Fotodegradasi Zat Warna *Metanil Yellow* Menggunakan Fotokatalis $\text{TiO}_2$ -Karbon Aktif

Christmas Togas<sup>a\*</sup>, Audy Wuntu<sup>a</sup>, Harry Koleangan<sup>a</sup>

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

### KATA KUNCI

Karbon aktif  
 $\text{TiO}_2$   
*metanil yellow*  
fotodegradasi

### ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian untuk mempelajari pengaruh penambahan karbon aktif (KA) pada fotokatalis  $\text{TiO}_2$  serta aktivitas fotokatalitiknya dalam proses fotodegradasi zat warna *metanil yellow*. Penelitian diawali dengan pembuatan KA dari tempurung kelapa, kemudian dilakukan modifikasi fotokatalis  $\text{TiO}_2$ -KA. Eksperimen fotodegradasi *metanil yellow* oleh fotokatalis  $\text{TiO}_2$ -KA dilakukan dengan perbandingan berat  $\text{TiO}_2$ :KA sebesar 9,9:0,1 dan 9,5:0,5 dan konsentrasi *metanil yellow* 2–50 ppm, serta variasi waktu penyinaran sinar UV selama 1, 2, 3, 4, 5, 19 dan 20 jam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa persentase proses fotodegradasi tertinggi diperoleh pada perbandingan berat  $\text{TiO}_2$ :KA (9,9:0,1) dan aktivitas fotodegradasi semakin meningkat seiring dengan bertambahnya waktu penyinaran.

### KEYWORDS

Activated carbon  
 $\text{TiO}_2$   
Metanil yellow  
Photodegradation

### ABSTRACT

A research had been conducted to study the effect of the addition of activated carbon (AC) on  $\text{TiO}_2$  photocatalyst and its photocatalytic activity in photodegradation process of metanil yellow dye. The research was performed through the preparation of activated carbon from coconut shell and modification of photocatalyst  $\text{TiO}_2$ -AC. Experiment of metanil yellow photodegradation by photocatalyst  $\text{TiO}_2$ -AC was performed at the weight ratio of  $\text{TiO}_2$ :AC of 9,9:0,1 and 9,5:0,5 with the concentrations of metanil yellow of 2–50 ppm, and time variations of UV rays irradiation of 1, 2, 3, 4, 5, 19 and 20 hours. The results showed that the highest percentage of photodegradation process obtained at the weight ratio of  $\text{TiO}_2$ :AC of 9,9:0,1 and the photodegradation activity was increased along with increasing irradiation time

### TERSEDIA ONLINE

20 Oktober 2014

### 1. Pendahuluan

Peningkatan aktivitas perindustrian sering berdampak bagi lingkungan, salah satunya adalah pembuangan limbah cair (Krim et al., 2006). Limbah cair tersebut mengandung bahan-bahan berbahaya dan beracun yang keberadaannya dalam perairan dapat menghalangi sinar matahari menembus lingkungan akuatik, sehingga mengganggu proses-proses biologi yang terjadi didalamnya. Selain itu, limbah tersebut juga mengganggu estetika badan perairan akibat munculnya bau busuk. Limbah cair dapat berasal dari proses-proses industri seperti

industri metalurgi, industri penyamakan kulit, industri pembuatan fungsida, industri cat dan zat warna tekstil (Redhana, 1994).

Salah satu jenis pewarna yang sering digunakan dalam industri tekstil adalah metanil yellow. Senyawa ini merupakan zat warna sintetik berwujud serbuk padat, berwarna kuning kecoklatan, bersifat larut dalam air dan sangat stabil dalam berbagai rentang pH dan pemanasan. Metanil yellow merupakan senyawa golongan azo (aromatik amin), yang memiliki efek toksik (Sarkar and Ghosh, 2012). Zat ini dibuat dari asam metanilat dan difenilamin.

\*Corresponding author: Jurusan Kimia FMIPA UNSRAT, Jl. Kampus Unsrat, Manado, Indonesia 95115; Email address: [chriz.togas@gmail.com](mailto:chriz.togas@gmail.com)

Saat ini berbagai teknik atau metode alternatif penanggulangan limbah tekstil telah dikembangkan, di antaranya adalah metode fotodegradasi dengan menggunakan radiasi sinar ultraviolet dan bahan fotokatalis.  $TiO_2$  dikenal sebagai fotokatalis yang banyak digunakan untuk mengatasi masalah lingkungan seperti pencemaran limbah industri yang mengandung zat warna, fenol, dan sebagainya karena  $TiO_2$  memiliki aktivitas yang tinggi dan stabil terhadap proses biologi dan kimia.

Aktivitas fotokatalisis dari  $TiO_2$  dapat ditingkatkan dengan memodifikasi fotokatalis menggunakan arang aktif (Hilal et al., 2007) yang berfungsi sebagai adsorben polutan, sehingga polutan dapat lebih mudah kontak dengan fotokatalis. Semakin mudah kontak dengan  $TiO_2$ , maka semakin mudah polutan didegradasi oleh fotokatalis  $TiO_2$ . Penelitian tentang modifikasi  $TiO_2$ -karbon aktif (KA) sebagai fotokatalis juga telah dilakukan sebelumnya, dalam proses fotodegradasi zat warna pada limbah cair industri tekstil, yaitu : rodamin-B, metil orange, dan metilen biru (Riyani dan Setyaningtyas, 2011).

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh perbandingan berat  $TiO_2$  dan KA, serta lama waktu penyinaran terhadap aktivitas fotodegradasi zat warna metanil yellow, menggunakan fotokatalis  $TiO_2$ -KA.

---

## 2. Metode

### 2.1. Material

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tempurung kelapa, zat warna *metanil yellow*, natrium klorida, titanium dioksida dan air demineralisasi. Peralatan utama yang digunakan adalah alat-alat gelas (Iwaki Pyrex), krus porselin, timbangan analitik (Adam PW 254), tanur (RKC IND 88), oven (Mettler), sonikator (Eyela), satu set reaktor fotokatalisis, lampu UV-A (Himawari T8-20W), kertas indikator universal, *centrifuge* (Gemmy PLC-025), dan spektrofotometer UV-Vis (Shimadzu UV-1800).

### 2.2. Pembuatan KA

KA dipreparasi mengikuti prosedur yang dikemukakan oleh Poha (2011). Tempurung kelapa dihaluskan hingga berbentuk serbuk (65 mesh), kemudian dimasukkan ke dalam krus porselin dan dipanaskan dalam tanur dengan suhu  $500^\circ C$  selama 1,5 jam. Karbon yang dihasilkan kemudian direndam dalam larutan natrium klorida 10% selama 24 jam. Setelah direndam, karbon diaktivasi melalui pemanasan pada suhu  $700^\circ C$  selama 2 jam, dan akan dihasilkan KA. KA yang diperoleh kemudian dicuci dengan akuades hingga mencapai pH netral. Selanjutnya KA dikeringkan dalam oven selama 3 jam pada suhu  $110^\circ C$ .

### 2.3. Pembuatan Fotokatalis $TiO_2$ -KA

Fotokatalis  $TiO_2$ -KA dipreparasi mengikuti prosedur Riyani dan Setyaningtyas (2011). Fotokatalis  $TiO_2$ -KA dibuat dengan perbandingan

berat  $TiO_2$ :KA sebesar 9,9:0,1 dan 9,5:0,5.  $TiO_2$  dan KA disuspensikan dalam air demineralisasi, selanjutnya suspensi diletakkan dalam sonikator selama 5 jam, dan disaring. Setelah itu  $TiO_2$ -KA dikeringkan dalam oven dengan suhu  $105^\circ C$  selama 24 jam.

### 2.4. Pengaruh Perbandingan Berat $TiO_2$ :KA terhadap Aktivitas Fotokatalis $TiO_2$ -KA

Perbandingan berat fotokatalis  $TiO_2$ :KA yang digunakan 9,9:0,1 dan 9,5:0,5. Setelah itu pH awal medium (20 mL larutan *metanil yellow*) diukur, yang kemudian dibuat dengan variasi konsentrasi, yaitu : 2, 4, 6, 8, 10, 20, 30, 40 dan 50 ppm. Kemudian 0,05 g fotokatalis dimasukkan ke dalam medium. Selanjutnya terhadap masing-masing medium untuk fotokatalis yang telah diatur konsentrasinya, dimasukkan di dalam botol serum dan diletakkan ke dalam reaktor untuk fotokatalisis dan diberi sumber sinar dari lampu UV selama 3 jam. Setelah itu medium disaring dan disentrifugasi (3000 rpm) selama 30 menit. Selanjutnya konsentrasi zat warna *metanil yellow* dianalisis dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis, dengan panjang gelombang 463 nm. Setiap percobaan diulang sebanyak 2 kali.

### 2.5. Pengaruh Waktu Penyinaran terhadap Aktivitas Fotokatalis $TiO_2$ - Karbon Aktif

Medium (20 mL larutan *metanil yellow*) dibuat dalam konsentrasi 30 ppm. Kemudian 0,05 g fotokatalis  $TiO_2$ :KA (9,9:0,1) dimasukkan ke dalam medium. Selanjutnya medium dimasukkan di dalam botol serum dan diletakkan ke dalam reaktor untuk fotokatalisis dan diberi sumber sinar dari lampu UV. Sampel diambil setiap 1, 2, 3, 4, 5, 19 dan 20 jam penyinaran. Setelah itu medium disaring dan disentrifugasi (3000 rpm) selama 30 menit. Selanjutnya konsentrasi zat warna *metanil yellow* dianalisis dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis, dengan panjang gelombang 463 nm. Setiap percobaan diulang sebanyak 2 kali.

---

## 3. Hasil dan Pembahasan

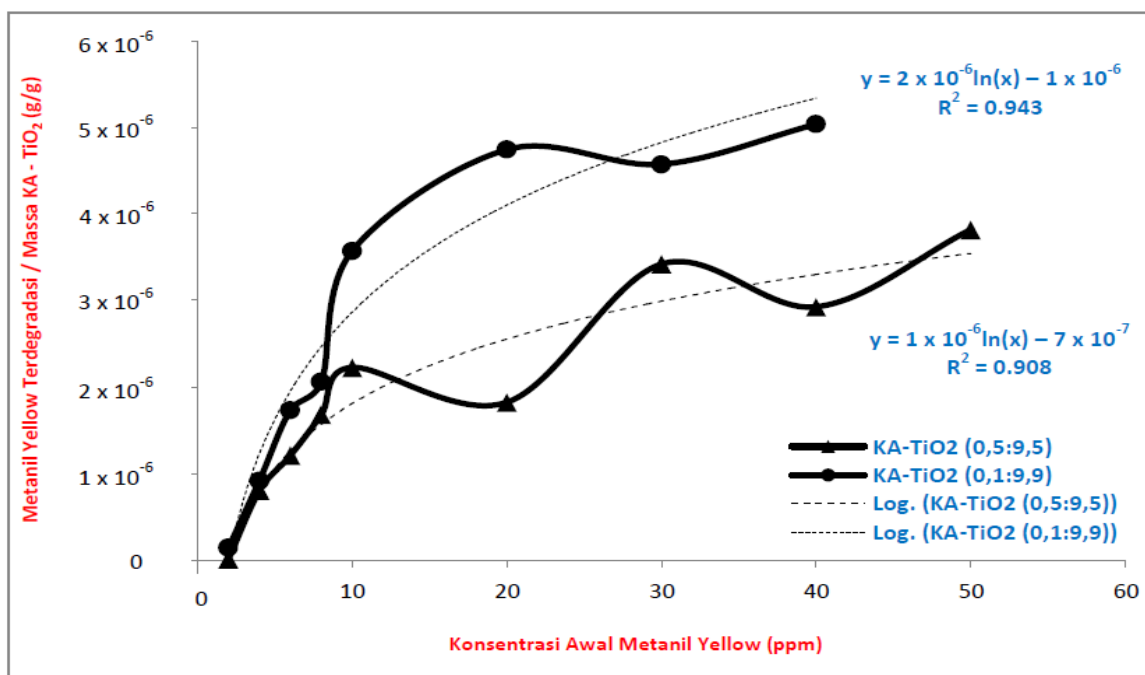
### 3.1. Fotodegradasi *Metanil Yellow* oleh KA- $TiO_2$ pada beberapa Konsentrasi *Metanil Yellow*

Berdasarkan hasil yang diperoleh untuk fotodegradasi *metanil yellow* oleh Karbon Aktif- $TiO_2$  pada beberapa konsentrasi *metanil yellow* dalam Gambar 1, terlihat bahwa perbandingan fotokatalis KA: $TiO_2$  (0,1:9,9) memiliki kemampuan fotodegradasi yang lebih besar jika dibandingkan dengan KA: $TiO_2$  (0,1:9,9).

Perbedaan kemampuan fotodegradasi dari kedua perbandingan KA- $TiO_2$  tersebut dipengaruhi oleh jumlah material fotokatalis  $TiO_2$  yang digunakan serta keberadaan karbon aktif pada permukaan fotokatalis  $TiO_2$ . Untuk perbandingan KA: $TiO_2$  (0,1:9,9), jumlah karbon aktif yang menempel pada permukaan  $TiO_2$  tidak menyebabkan permukaan fotokatalis menjadi tidak merata dan pori-porinya mengecil, serta tidak

mengurangi interaksi sinar UV dengan permukaan TiO<sub>2</sub>, yang dapat menurunkan aktivitas fotokatalis TiO<sub>2</sub>. Berbeda dengan perbandingan KA:TiO<sub>2</sub> (0,5:9,5), di mana jumlah karbon aktif yang menempel pada permukaan TiO<sub>2</sub> sedikit lebih

banyak, sehingga menyebabkan permukaan fotokatalis menjadi tidak merata dan pori-porinya mengecil, serta mengurangi interaksi sinar UV dengan permukaan TiO<sub>2</sub>, sehingga menurunkan aktivitas fotokatalis TiO<sub>2</sub>.

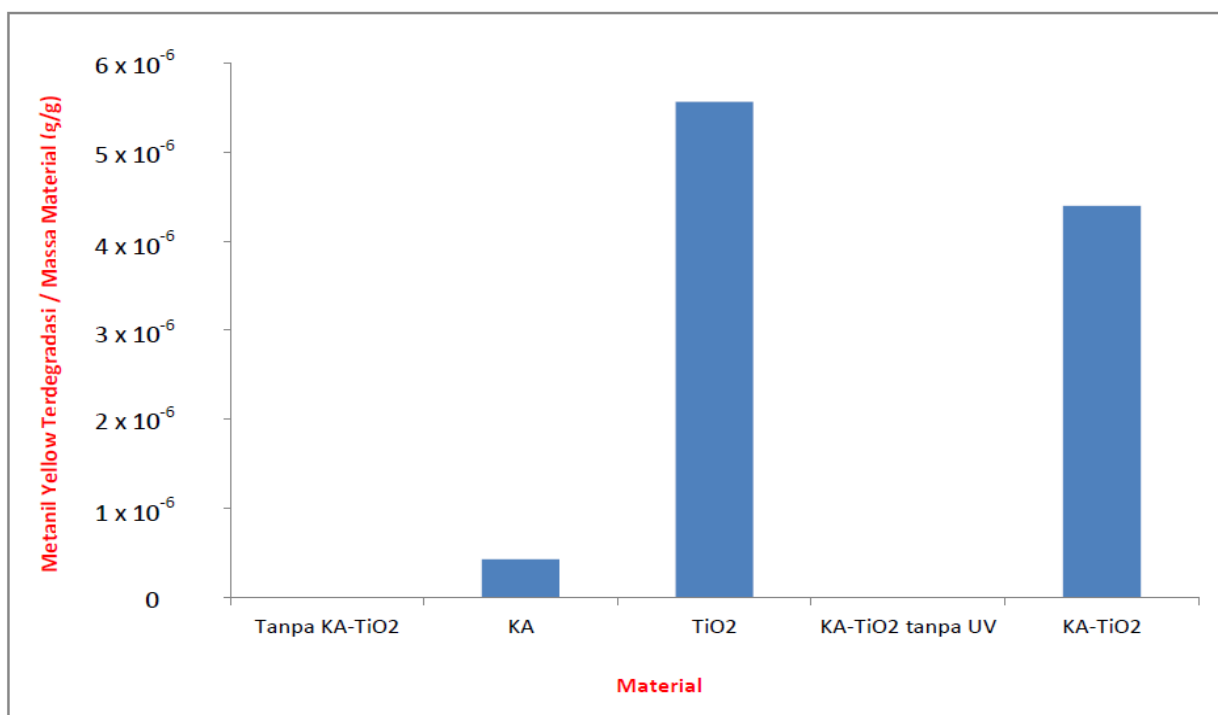


Gambar 1. Fotodegradasi Metanil Yellow oleh KA - TiO<sub>2</sub> pada beberapa Konsentrasi Metanil Yellow

3.2. Fotodegradasi Metanil Yellow oleh KA, TiO<sub>2</sub>, KA-TiO<sub>2</sub> dan tanpa KA-TiO<sub>2</sub>

Dalam fotodegradasi metanil yellow oleh kontrol KA, TiO<sub>2</sub>, KA-TiO<sub>2</sub> dan tanpa KA-TiO<sub>2</sub>

(Gambar 2), diketahui bahwa kontrol yang hanya TiO<sub>2</sub>, memiliki kemampuan fotodegradasi yang lebih tinggi dibandingkan kontrol lainnya.



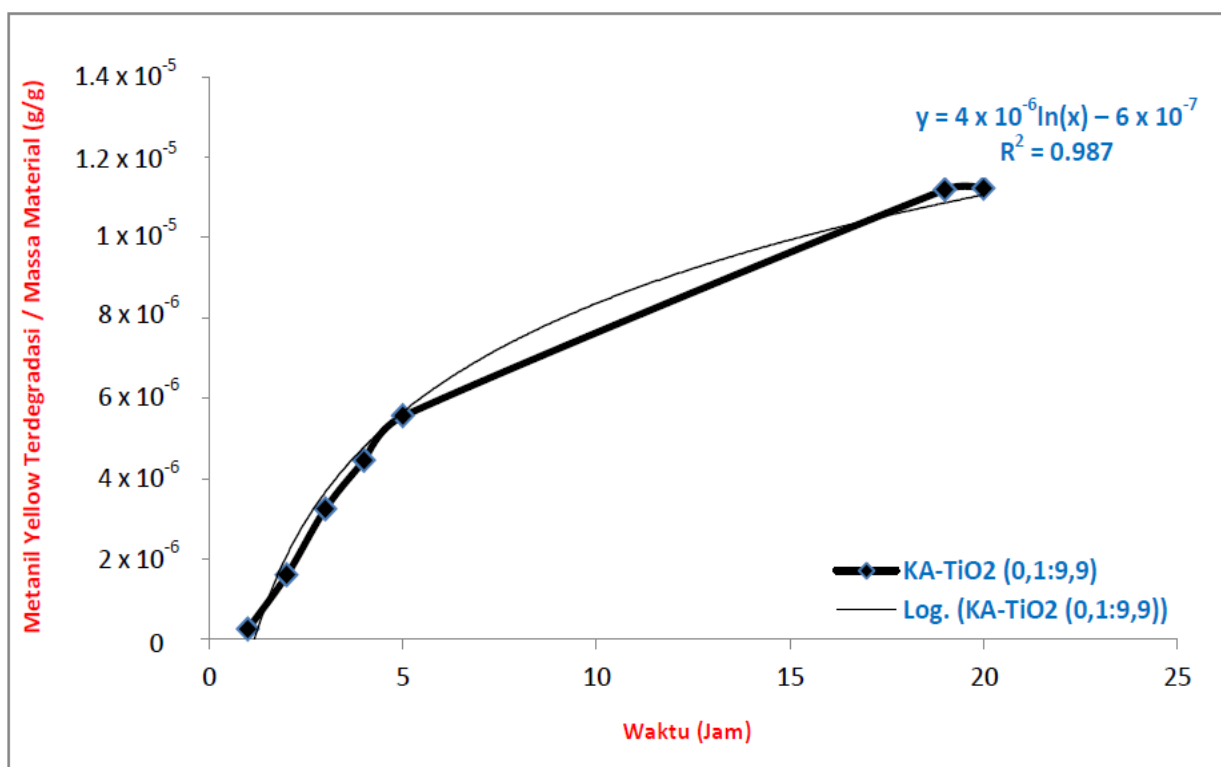
Gambar 2. Fotodegradasi Metanil Yellow oleh KA, TiO<sub>2</sub>, KA - TiO<sub>2</sub> dan tanpa KA - TiO<sub>2</sub>

Hal tersebut dikarenakan fotokatalis  $\text{TiO}_2$  merupakan material yang memiliki peran utama dalam proses fotodegradasi, yaitu mengkatalisis reaksi oksidasi senyawa organik, dalam hal ini zat warna *metanil yellow*. Sedangkan untuk KA hanya memiliki aktivitas fotodegradasi yang sangat rendah, karena dalam hal ini KA hanyalah berperan dalam proses adsorpsi terhadap zat warna *metanil yellow*, serta untuk kontrol hanya *metanil yellow* tanpa KA- $\text{TiO}_2$ , tidak terjadi proses fotodegradasi, karena tidak adanya fotokatalis maupun adsorben yang bisa berperan untuk mendegradasi ataupun mengadsorpsi zat warna tersebut dan untuk kontrol

KA- $\text{TiO}_2$  dengan tanpa penyinaran, tidak juga terjadi proses fotodegradasi, karena tidak adanya sinar UV, yang bisa untuk mengeksitasi elektron serta membentuk  $h^+$  dan kemudian radikal hidroksil ( $\text{OH}^\bullet$ ), yang nantinya berfungsi untuk mengoksidasi *metanil yellow*.

### 3.3. Fotodegradasi *Metanil Yellow* oleh KA- $\text{TiO}_2$ pada berbagai Waktu Penyinaran

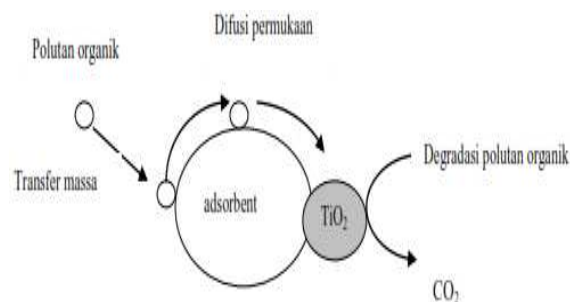
Fotodegradasi *metanil yellow* oleh KA- $\text{TiO}_2$  pada berbagai waktu penyinaran (Gambar 3 terlihat bahwa aktivitas fotodegradasi semakin lama semakin mengalami peningkatan).



Gambar 3. Fotodegradasi *Metanil Yellow* oleh KA -  $\text{TiO}_2$  pada berbagai waktu penyinaran

Hal tersebut menunjukkan bahwa aktivitas fotokatalitik  $\text{TiO}_2$  akan semakin meningkat seiring dengan bertambahnya lama waktu penyinaran sinar UV (Wijaya et al., 2006). Hal ini dikarenakan semakin lama waktu penyinaran sinar UV, maka akan semakin banyak elektron yang tereksitasi dan  $h^+$  yang terbentuk. Semakin banyak  $h^+$ , maka radikal hidroksil yang berfungsi untuk mengoksidasi zat warna juga akan semakin meningkat.

Pada mekanisme proses fotodegradasinya dalam Gambar 4, fotokatalis  $\text{TiO}_2$  dapat mengkatalisis reaksi oksidasi dari zat warna, reaksi oksidasi dapat terjadi karena  $h^+$  yang terbentuk selama aktivasi fotokatalis, akan mengoksidasi ion hidroksil atau air pada permukaan katalis, sehingga menghasilkan radikal hidroksil. Radikal ini akan mengoksidasi senyawa organik seperti zat warna *metanil yellow*, yang kemudian hasil akhir degradasinya akan berupa  $\text{CO}_2$ .



Gambar 4. Mekanisme Fotodegradasi Polutan Organik pada Permukaan Fotokatalis Adsorben /  $\text{TiO}_2$  (Fujishima et al., 1999)

Aktivitas fotokatalitik pada permukaan fotokatalis  $\text{TiO}_2$  dalam hal ini terhadap zat warna *metanil yellow*, juga dipengaruhi oleh pH dari zat warnanya, dimana dalam penelitian ini diperoleh pH=3, yang menandakan bahwa *metanil yellow*

bersifat asam. Pada suasana asam diketahui bahwa radikal hidroksil yang dihasilkan oleh sistem fotokatalis, dalam hal ini  $TiO_2$  yang permukaannya juga bermuatan positif, akan mengalami peningkatan (Hoffmann *et al.*, 1995).

---

#### 4. Kesimpulan

1. Perbandingan berat  $TiO_2$  dan karbon aktif mempengaruhi proses fotodegradasi zat warna *metanil yellow*, di mana perbandingan berat  $TiO_2:KA$  (9,9:0,1) memiliki kemampuan fotodegradasi yang lebih tinggi dibandingkan  $TiO_2:KA$  (9,5:0,5).
2. Semakin lama waktu penyinaran, maka akan semakin besar pula aktivitas fotokatalitik  $TiO_2-KA$ .

---

#### Daftar Pustaka

- Fujishima, A., K. Hashimoto, dan T. Watanabe. 1999. *TiO<sub>2</sub> Photocatalysis: Fundamentals and Applications*. Bkc., Inc., Tokyo.
- Hilal, H.S., L.Z. Majjad, N. Zaatar, dan A. El-Hamouz. 2007. Dye-effect in  $TiO_2$  Catalyzed Contaminant Photo-degradation: Sensitization vs. Charge-transfer Formalism. *Solid State Sciences*. 9: 9-15.
- Hoffmann, M.R., S.T. Martin, W. Choi, dan D.W. Bahnemann. 1995. Environmental Applications of Semiconductor Photocatalysis. *Chemical Reviews*. 95: 69-96.
- Krim, L., S. Nacer, dan G. Bilango. 2006. Kinetics of Chromium Sorption on Biomass Fungi from Aqueous Solution. *American Journal of Environmental Sciences*. 2: 27-32.
- Poha, I.L. 2011. Isoterm Adsorpsi Toluena pada Karbon Aktif Tempurung Kelapa [skripsi]. FMIPA UNSRAT, Manado.
- Redhana, I.W. 1994. *Penentuan Isoterm Adsorpsi Amonia dalam Larutan Air oleh Karbon Aktif pada Suhu Kamar*. Laporan Penelitian. Program Pra-S2 Kimia, Pasca Sarjana, ITB, Bandung (tidak dipublikasikan).
- Riyani, K., dan T. Setyaningtyas. 2011. Pengaruh Karbon Aktif Terhadap Aktivitas Fotodegradasi Zat Warna pada Limbah Cair Industri Tekstil Menggunakan Fotokatalis  $TiO_2$ . *Molekul*. 6: 113-122.
- Sarkar, R., dan A. R. Ghosh. 2012. Metanil Yellow - An Azo Dye Induced Histopathological and Ultrastructural Changes in Albino Rat (*Rattus norvegicus*). *The Bioscan*. 7: 427-432.
- Wijaya, K., E. Sugiharto, I. Fatimah, S. Sudiono, dan D. Kurniaysih. 2006. Utilisasi  $TiO_2$  - Zeolit dan Sinar UV untuk Fotodegradasi Zat Warna Congo Red. *Berkala MIPA*. 16: 27-35.