

## SINTESIS MATERIAL FOTOKATALIS $\text{TiO}_2$ UNTUK PENJERNIHAN LIMBAH TEKSTIL

**Risda Tussa'adah, Astuti**

Laboratorium Fisika Material, Jurusan Fisika FMIPA Universitas Andalas  
Kampus Unand, Limau Manis, Padang, 25163  
e-mail:risdatussaadah@gmail.com

### ABSTRAK

Telah dilakukan sintesis material fotokatalis titanium dioksida ( $\text{TiO}_2$ ) dengan metode pemanasan sederhana dalam larutan polimer. Polimer yang digunakan adalah polietilen glikol (PEG 6000). Sintesis dilakukan pada suhu  $400^\circ\text{C}$  dan ditahan selama 0 jam (tanpa ditahan), 1 jam, 2 jam dan 3 jam. Berdasarkan hasil karakterisasi scanning electron microscope (SEM) didapatkan bahwa semakin lama waktu sintesis menyebabkan terjadinya agglomerasi (pengumpulan) partikel. Material fotokatalis  $\text{TiO}_2$  telah diuji untuk penjernihan air limbah tekstil. Aktivitas fotokatalis  $\text{TiO}_2$  menyebabkan penurunan nilai pH dari 10,09 menjadi 9,06 dan penurunan nilai Total Dissolved Solid (TDS) dari 1191 mg/L menjadi 409 mg/L dengan waktu tahan selama 0 jam (tanpa ditahan).  
Kata kunci:  $\text{TiO}_2$ , polimer, fotokatalis, PEG 6000

### ABSTRACT

A study concerning the synthesis of titanium dioxide ( $\text{TiO}_2$ ) material photocatalyst using a simple heating method in polymer solvent. Polymer used was polyethylene glycol (PEG 6000). Synthesis was done at temperature of  $400^\circ\text{C}$  and hold for 0 hour (no holding), 1 hours, 2 hours, and 3 hours. Based on the characterization of scanning electron microscope (SEM) result that longer  $\text{TiO}_2$  synthesis time cause particle agglomeration. The material of photocatalyst has been tested to purify textile waste water. The activity of photocatalyst of  $\text{TiO}_2$  decrease pH from 10.09 to 9.06 and the value of total dissolved solid (TDS) from 1191 mg/L to 409 mg/L without holding time for 0 hour (no holding).

Keywords :  $\text{TiO}_2$ , polymer, photocatalyst, PEG 6000

## I. PENDAHULUAN

Industri tekstil di dunia telah berkembang dengan pesat, salah satunya adalah industri tekstil di Silungkang. Perkembangan industri ini memberikan dampak negatif pada pencemaran air, karena limbah proses pencelupan yang mengandung zat warna dari industri dibuang ke sungai sehingga merubah kualitas dari air tersebut.

Teknologi pengolahan air limbah dapat dilakukan dengan proses fotokatalis. Fotokatalis adalah reaksi kimia yang berjalan dengan bantuan katalis dan katalis tersebut aktif ketika disinari cahaya matahari. Untuk mengaktifkan katalis  $\text{TiO}_2$  dibutuhkan energi foton dengan panjang gelombang yang kecil. Material fotokatalis yang banyak menjadi fokus riset para peneliti dunia adalah Titanium Dioksida ( $\text{TiO}_2$ ).  $\text{TiO}_2$  merupakan senyawa dioksida berwarna putih yang tahan karat dan tidak beracun dan juga merupakan salah satu katalis yang paling stabil, paling sering digunakan dibandingkan dengan katalis lainnya (Abdullah, 2011).

Semikonduktor fotokatalisis menggunakan  $\text{TiO}_2$  sebagai fotokatalis telah dilakukan untuk memecahkan berbagai masalah lingkungan, antara lain untuk pemurnian air dan udara, destruksi mikroorganisme seperti bakteri dan virus dalam aktivasi sel kanker, degradasi zat warna dan senyawa kimia beracun serta pembuatan gas hidrogen dari air (Rahmawati, dkk, 2008).

Penelitian sebelumnya telah dilakukan oleh Nugroho (2011) yaitu sistem pengolah air limbah organik berbasis material fotokatalis titania ( $\text{TiO}_2$ ) yang digunakan untuk mengolah air limbah organik. Reaksi fotokatalis pada  $\text{TiO}_2$  terbukti dapat menjernihkan, menghilangkan bau, mereduksi nilai TDS sebesar 44,08%, BOD sebesar 73,44% serta COD sebesar 71,21% pada air limbah organik. Penelitian lain oleh Fajar (2010) yaitu tentang struktur kristal  $\text{TiO}_2$  yang berhasil dilapiskan pada karbon aktif adalah struktur anatase. Penggunaan material fotokatalis  $\text{TiO}_2$ : KA pada sistem penjernih air telah berhasil mereduksi bakteri E.coli sampai 100% setelah proses penjernihan selama 3 jam. Penelitian  $\text{TiO}_2$  berpori juga telah dilakukan oleh Pritama, dkk

(2009) tentang pembuatan filter air berpori mikro menggunakan titanium dioksida sebagai bahan utama dengan penambahan bubuk silika dan menghasilkan ukuran partikel sekitar (0,5-1)  $\mu\text{m}$ .

Sintesis  $\text{TiO}_2$  dilakukan dengan metode pemanasan sederhana dalam larutan polimer. Polimer yang digunakan adalah polietilen glikol (PEG 6000). Sifat utama dari PEG adalah stabil, tersebar merata, higroskopik (mudah menguap), dapat mengikat pigmen.  $\text{TiO}_2$  hasil sintesis di aplikasikan untuk penjernihan air limbah tekstil dan dilakukan pengujian kualitas air seperti derajat keasaman (pH) dan *Total Dissolved Solid* (TDS). TDS merupakan parameter dari jumlah material yang dilarutkan dalam air yang mencakup karbonat, bikarbonat, klorida, sulfat, fosfat, nitrat, kalsium, magnesium, natrium, ion-ion organik (Oram, 2010).

## II. METODE

### 2.1 Sintesis $\text{TiO}_2$

Sintesis material fotokatalis  $\text{TiO}_2$  dilakukan dengan metoda pemanasan sederhana dalam larutan polimer. Nanopartikel  $\text{TiO}_2$  sebanyak 20 g dan PEG sebanyak 10 g dicampurkan dengan aquades sebanyak 100 ml kemudian diaduk secara merata selama 1 jam sehingga dihasilkan larutan kental polimer. Larutan polimer dipanaskan di dalam *furnace* pada suhu  $400^\circ\text{C}$  dan ditahan konstan selama 0 jam (tanpa ditahan), 1 jam, 2 jam dan 3 jam.

### 2.2 Karakterisasi sampel

Senyawa  $\text{TiO}_2$  hasil sintesis dikarakterisasi menggunakan alat *X-Ray Diffraction* (XRD). XRD digunakan untuk melihat struktur dan ukuran kristal  $\text{TiO}_2$ . Ukuran kristal dapat dihitung menggunakan persamaan Scherrer, seperti pada Persamaan 1.

$$D = \frac{K\lambda}{B \cos \theta} \quad (1)$$

dengan  $D$  adalah diameter (ukuran kristal),  $\lambda$  adalah panjang gelombang sinar-X yang digunakan,  $\theta_B$  adalah sudut Bragg,  $B$  adalah FWHM (*Full Width at Half Maximum*) pada  $2\theta \times (\pi/180)$  satu puncak yang dipilih dan  $k$  adalah konstanta material yang nilainya kurang dari satu. Nilai yang umumnya dipakai untuk  $k$  adalah 0,9 (Abdullah, 2008). Morfologi permukaan dan diameter partikel dapat diamati menggunakan alat *Scanning Electron Microscope* (SEM).

### 2.3 Uji Aktivitas Fotokatalis

$\text{TiO}_2$  yang telah di sintesis diaplikasikan pada penjernihan air limbah tekstil. Nanopartikel  $\text{TiO}_2$  sebanyak 2,5 g dicampurkan pada air limbah sebanyak 200 mL disinari dibawah paparan cahaya matahari selama 5 jam penyinaran. Setelah penyinaran dilakukan pengujian kualitas dari air yaitu derajat keasaman (pH) dan *Total Dissolved Solid* (TDS). Untuk menentukan TDS yang terkandung dalam air, Halcow (1999) menggunakan Persamaan 2.

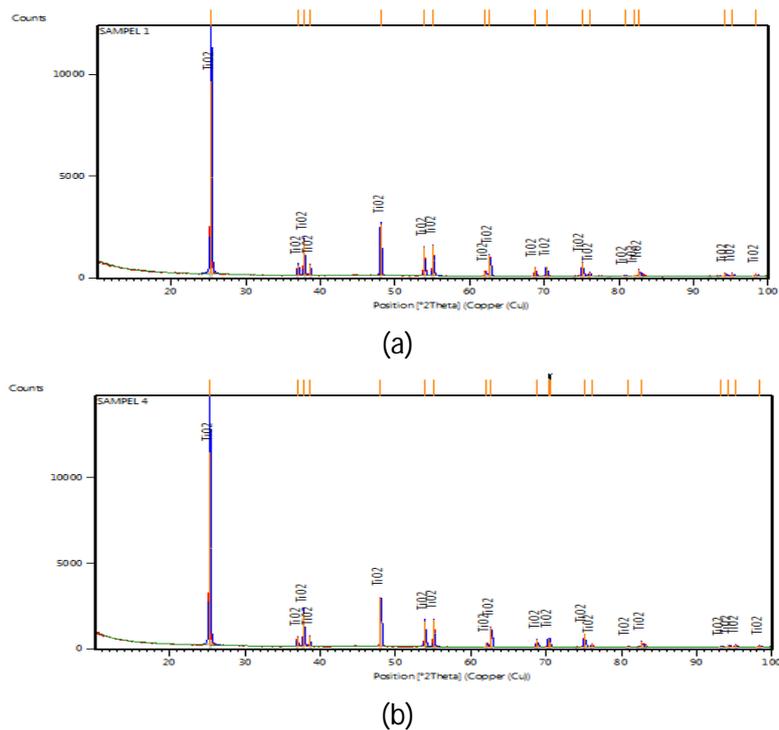
$$TDS(\text{mg} / \text{L}) = \frac{A - B}{V} \times 1000 \quad (2)$$

dengan  $B$  adalah masa awal kertas saring (mg),  $A$  adalah masa akhir kertas saring (mg), adalah  $V$  volume sampel (mL).

## III. HASIL DAN DISKUSI

### 3.1 Analisa *X-Ray Diffraction* (XRD)

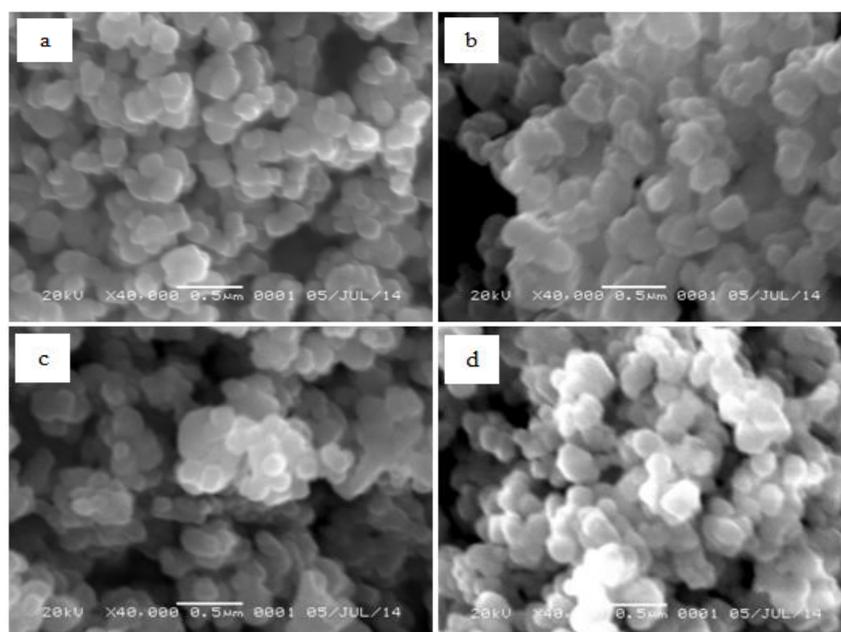
Struktur dan ukuran kristal  $\text{TiO}_2$  hasil sintesis dilihat menggunakan alat XRD. Pola difraksi sinar-X partikel  $\text{TiO}_2$  ditunjukkan pada Gambar 1. Variasi waktu tahan yang diberikan selama 0 jam dan 3 jam. Berdasarkan gambar tersebut terlihat perbandingan besar sudut dengan intensitas. Pada sampel B dengan waktu tahan selama 3 jam memiliki intensitas yang lebih tinggi dibanding sampel A dengan waktu tahan selama 0 jam. Ukuran kristal  $\text{TiO}_2$  dapat dihitung menggunakan persamaan 1. Ukuran kristal partikel  $\text{TiO}_2$  pada masing-masing sampel (A dan B) sebesar 59,09 nm dengan struktur kristal anatase. Dari hasil XRD didapatkan bahwa perbedaan waktu tahan tidak mempengaruhi ukuran kristal  $\text{TiO}_2$ .



Gambar 1 Pola difraksi sinar-x TiO<sub>2</sub> dengan variasi waktu tahan selama a). 0 jam, b). 3 jam

### 3.2 Analisis Scanning Electron Microscope (SEM)

Morfologi permukaan dan diameter partikel TiO<sub>2</sub> hasil sintesis dapat diamati menggunakan alat SEM. Pengamatan dilakukan pada tegangan 20 kV dengan perbesaran 40000 kali. Morfologi permukaan partikel TiO<sub>2</sub> dapat dilihat pada Gambar 2. Berdasarkan gambar tersebut partikel TiO<sub>2</sub> memiliki morfologi permukaan yang seragam yakni bulat. Pada gambar terlihat bahwa sampel A memiliki diameter partikel yang lebih kecil dibanding sampel yang lain (B, C dan D). Sedangkan sampel C dan D terbentuk pengumpulan diantara partikel-partikel tersebut.



Gambar 2 Morfologi permukaan TiO<sub>2</sub> dengan variasi waktu tahan selama a). 0 jam, b). 1 jam, c). 2 jam, d). 3 jam

Distribusi diameter partikel TiO<sub>2</sub> dapat dilihat pada Tabel 1. Pada tabel tersebut terlihat bahwa diameter partikel dengan waktu tahan selama 0 jam lebih kecil dibanding sampel lain dan di dominasi dengan ukuran 119 nm. Sedangkan pada waktu tahan selama 2 jam memiliki diameter partikel yang juga di dominasi dengan ukuran 119 nm tetapi terbentuk pengumpulan diantara partikel-partikel TiO<sub>2</sub> tersebut (Gambar 2.c).

Tabel 1 Distribusi partikel TiO<sub>2</sub>

| Waktu Tahan Sintetis (jam) | Ukuran partikel (nm) |
|----------------------------|----------------------|
| 0                          | 71-190               |
| 1                          | 95-214               |
| 2                          | 119-214              |
| 3                          | 140-238              |

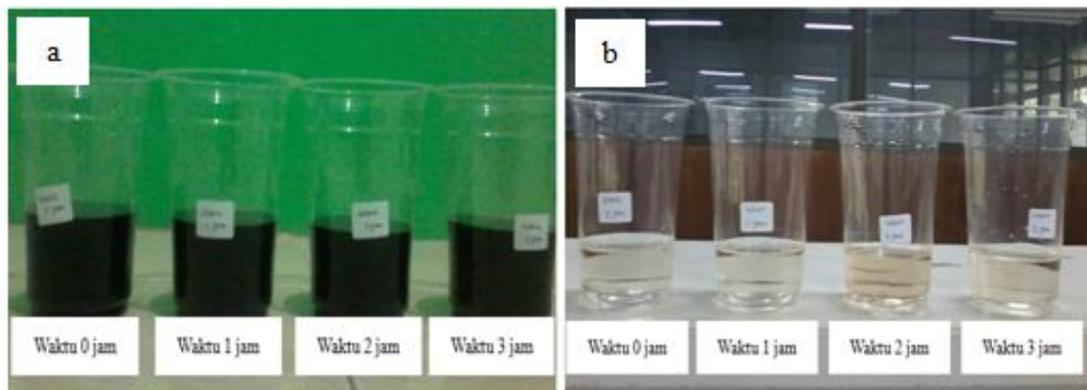
Perbedaan waktu tahan yang diberikan akan mempengaruhi diameter partikel TiO<sub>2</sub>. Semakin tinggi waktu tahan yang diberikan menyebabkan terjadinya pengumpulan pada partikel TiO<sub>2</sub> dan dapat meningkatkan pertumbuhan ukuran partikel tersebut. Hal ini telah ditunjukkan oleh Distyawan (2013) bahwa peningkatan waktu tahan akan mempengaruhi ukuran partikel, dimana semakin tinggi waktu tahan maka ukuran partikel akan semakin besar.

3.3 Uji Aktivitas Fotokatalis TiO<sub>2</sub> pada Air Limbah dibawah Paparan Cahaya Matahari

3.3.1 Analisis kekeruhan

Sampel air yang diuji berasal dari limbah tekstil di Silungkang, dimana air limbah hasil pencelupan dibuang kesungai-sungai yang bermuara sepanjang daerah Silungkang. Kondisi air limbah tekstil di Silungkang sebelum disinari dengan cahaya matahari dapat dilihat pada Gambar 3.a. Pada gambar tersebut air limbah telah tercemari oleh zat pewarna dan mikroorganisme lainnya. Penjernihan air dilakukan dengan proses fotokatalis TiO<sub>2</sub> dibawah paparan cahaya matahari selama 5 jam penyinaran, dimana intensitas cahaya matahari antara (961-988) lux.

Material fotokatalis TiO<sub>2</sub> memiliki daya oksidasi yang sangat kuat jika di aktifkan dengan cahaya matahari. Untuk mengaktifkan katalis TiO<sub>2</sub> dibutuhkan energi foton dengan panjang gelombang yang kecil. Aktivitas fotokatalis menyebabkan terjadinya fotooksidasi dan fotoreduksi sehingga terjadinya eksitasi elektron dari pita valensi ke pita konduksi. Pita konduksi menyebabkan adanya kekosongan atau hole selanjutnya bereaksi dengan H<sub>2</sub>O dalam larutan dan membentuk radikal hidroksil yang dapat mendegradasi senyawa organik menjadi CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O (Hoffman, dkk, 1995). Air limbah setelah disinari dengan material fotokatalis TiO<sub>2</sub> dibawah paparan cahaya matahari dapat dilihat pada Gambar 3.b. Pada gambar tersebut terlihat air telah berubah menjadi jernih, bebas dari zat warna, dan bau.



Gambar 3 a) Air limbah tekstil sebelum penyinaran dengan cahaya matahari b) Air Limbah tekstil + TiO<sub>2</sub> 5 jam penyinaran dengan cahaya matahari setelah penyaringan

Ukuran partikel TiO<sub>2</sub> berpengaruh terhadap aktivitas fotokatalis. Aktivitas fotokatalis dalam menyerap zat warna terlihat lebih tinggi pada sampel dengan waktu tahan selama 0 jam (tanpa ditahan). Hal ini sesuai dengan penelitian oleh Kim, dkk (2007) bahwa semakin kecil

ukuran partikel akan meningkatkan aktivitas fotokatalis. Sehingga dapat disimpulkan untuk membuat material fotokatalis TiO<sub>2</sub> tidak dibutuhkan waktu yang lama untuk proses sintesis sehingga TiO<sub>2</sub> sangat aktif sebagai fotokatalis ketika dikenai cahaya matahari.

### 3.3.2 Analisis Derajat Keasaman (pH)

Faktor yang berpengaruh terhadap kualitas air salah satunya adalah pH. Air yang telah tercemar zat warna dan mikroorganisme telah merubah nilai pH dari air yang layak dikonsumsi oleh manusia. pH dari air sungai di Silungkang sebelum dilakukan penyinaran dengan material fotokatalis TiO<sub>2</sub> sebesar 10,09. Perbandingan nilai pH air sebelum dan sesudah disinari dengan material fotokatalis TiO<sub>2</sub> dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Perbandingan nilai pH air sebelum dan sesudah penyinaran di bawah paparan cahaya matahari selama 5 jam

| No | Waktu Tahan (Jam) | pH (Sebelum disinari) | pH (Sesudah disinari) |
|----|-------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1  | 0                 | 10,09                 | 9,06                  |
| 2  | 1                 | 10,09                 | 9,06                  |
| 3  | 2                 | 10,09                 | 9,08                  |
| 4  | 4                 | 10,09                 | 9,09                  |

Dari Tabel 2 terlihat perubahan nilai pH air limbah setelah dilakukan penyinaran dengan material fotokatalis TiO<sub>2</sub>. pH dari air limbah setelah dilakukan penyinaran dibawah paparan cahaya matahari selama 5 jam sebesar 9,06 pada sampel 1 (waktu tahan selama 0 jam). Penurunan derajat keasaman (pH) untuk semua sampel disebabkan oleh adanya reaksi fotokatalis yang terjadi ketika disinari cahaya matahari (Hoffman, dkk, 2012).

### 3.3.3 Analisis Total Dissolved Solid (TDS)

Nilai TDS pada air limbah tekstil di Silungkang sebelum dilakukan penyinaran dengan material fotokatalis TiO<sub>2</sub> sebesar 1191 mg/L. Nilai TDS air limbah setelah dilakukan penyinaran dibawah paparan cahaya matahari dapat dihitung menggunakan persamaan 2. Nilai TDS pada masing-masing sampel dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Nilai TDS air pada masing-masing sampel setelah penyinaran 5 jam dengan material fotokatalis TiO<sub>2</sub>

| No | Waktu Tahan (Jam) | A (mg) | B (mg) | Vair (mL) | TDS (mg/L) |
|----|-------------------|--------|--------|-----------|------------|
| 1  | 0                 | 2876,3 | 2917,2 | 100       | 409        |
| 2  | 1                 | 3121,6 | 3162,6 | 100       | 410        |
| 3  | 2                 | 3652,2 | 3694,2 | 100       | 420        |
| 4  | 3                 | 3302,3 | 3345,2 | 100       | 429        |

Berdasarkan Tabel 3 nilai TDS air pada sampel dengan waktu tahan selama 0 jam lebih kecil dibandingkan sampel yang lain, disebabkan ukuran partikel TiO<sub>2</sub> yang lebih kecil. Ukuran partikel yang lebih kecil akan meningkatkan aktivitas fotokatalis. Aktivitas fotokatalis akan membentuk radikal hidroksil, dimana semakin tinggi pembentukan radikal hidroksil maka akan semakin besar kemampuan fotokatalis untuk menyerap berbagai jenis polutan dan zat warna yang terkandung di dalam air (Riyani, dkk, 2012).

## IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil karakterisasi XRD ukuran kristal TiO<sub>2</sub> sebesar 59,09 nm. Hasil SEM diperoleh bahwa kenaikan waktu tahan dapat meningkatkan pertumbuhan ukuran partikel dan terjadi agglomerasi (pengumpulan) partikel. Material fotokatalis TiO<sub>2</sub> telah terbukti dapat mengurangi nilai pH dari 10,09 menjadi 9,06 dan nilai TDS air limbah dari 1191 mg/L menjadi 409 mg/Lair pada sampel dengan waktu tahan selama 0 jam (tanpa ditahan).

**DAFTAR PUSTAKA**

- Abdullah, M., 2008, *Pengantar Nanosains*, Penerbit ITB, Bandung.
- Abdullah, M. Arutanti, O. Isnaeni, V.A. Fitria, I. Amalia. Maturi. Aliah, H. dan Khairurijjal., 2011, Pengolahan Air Limbah dengan Material Struktur Nanometer, *Jurnal Seminar Kontribusi Fisika*, INV05.
- Distyawan, A, dan Susanti, D., 2013, Pengaruh Temperatur, Masa Zink, Substrat dan Waktu Tahan terhadap Struktur dan Morfologi Zno Hasil Sintesis dengan Metode *Chemical Vapour Transport (Cvt)*, *Jurnal Teknik Material dan Metalurgi*, ITS, Vol. 1, No. 1, Hal 1-6.
- Fajar T, M., 2010, Sistem Penjernihan Air yang Tercemar Bakteri E.Coli Berbasis Fotokatalis TiO<sub>2</sub> Dikombinasikan dengan Bahan Aktif, *Skripsi Fisika*, undip, Semarang.
- Halcrow., 1999, *Technical Asistance Hydrology Project: How To Measure dissolved, Suspended & Total Solid*, New Delhi.
- Hoffman, M.R. Martin, S.T. Choi, W. dan Bahneman, D.W., 1995, Environmental Application of Semiconductor Photocatalysis, *Chem. Rev.* 95, 69-96.
- Kim, D.S, S.J. Han, dan S.Y, Kwak., 2007, Synthesis and photocatalytic activity of mesoporous TiO<sub>2</sub> with the surface area, crystallite size, and pore size, *Journal of Colloid and Interface Science*, hal 85-91.
- Nugroho, I.A., 2011, Deposisi Lapisan Titania dan Pembuatan Sistem Pengolah Air Limbah Organik Menggunakan Material Fotokatalis Titania (TiO<sub>2</sub>), *Skripsi Fisika*, Undip Semarang.
- Oram, B., 2010, Total Dissolved Solid, <http://www.water-research.net/totaldissolvedsolid.htm>, diakses tanggal 14 Februari 2014.
- Pritama, A. Abdullah, M. Khairurijjal, Mahfudz, H., 2009, Titanium Dioxide Based Reusable Microporous Water Filter Using Silicon Dioxide as Filler, *Jurnal Nanosains dan Nanoteknologi*.
- Rahmawati, F., Wahyuningsih, S., dan Handayani, N., 2008, Modifikasi Permukaan Lapisan Tipis Semikonduktor TiO<sub>2</sub> Bersubstrat Grafit dengan Elektrodeposisi Cu, *Jurnal Kimia* Vol 8, no 3, Hal 331-336.
- Riyani, K. Setyaningtyas, T. dan Dwiasih, D.W., 2012, Pengolahan Limbah Cair Batik Menggunakan Fotokatalisis TiO<sub>2</sub> Dopan-N dengan Bantuan Sinar Matahari, *Jurnal Kimia*, Vol 2 no 5, Hal 581-587.