

## PENGARUH DOPING Al TERHADAP TiO<sub>2</sub> SEBAGAI PENDEGRADASI LIMBAH TEKSTIL *METYELENE BLUE*

**Julianti Lestari<sup>1\*</sup>, Helga Dwi Fahyuan<sup>1</sup>, Mardian Peslinof<sup>1</sup>, Ngatijo<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi, Mendalo Darat, Jambi 36361

<sup>2</sup> Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Jambi, Mendalo Darat, Jambi 36361

\*e-mail: juliantilestari21@gmail.com

### Abstrak

*Telah dilakukan penelitian tentang pengaruh ketebalan lapisan tipis TiO<sub>2</sub>/Al yang dibuat dengan teknik spin coating pada kecepatan putar 1500 rpm selama 20 detik dan 30 detik. Lapisan tipis TiO<sub>2</sub>/Al dilakukan uji Scanning Electron Microscopy (SEM) untuk melihat ketebalan dan morfologi. Ketebalan yang dihasil yaitu 1, 300 μm untuk waktu putar 20 detik dan lapisan tipis dengan waktu putar 30 detik memperoleh ketebalan 4,841 μm. Selanjutnya dilakukan uji fotokatalis terhadap limbah tekstil MB hasil analisis dan MB dari pabrik 100 ppm yang disinari di bawah sinar matahari selama 3 jam. Hasil limbah absorbansi setelah fotokatalis menggunakan UV-Vis memperoleh nilai degradasi paling besar yaitu 94,17% untuk limbah MB hasil sintesis dan 15,11% pada limbah MB dari pabrik dengan sampel lapisan tipis TiO<sub>2</sub>/Al 4%.*

Kata Kunci: *Doping, Nilai Degradasi, Fotokatalis.*

### Abstract

*[Title : Effect Of Thin Layer Thickness TiO<sub>2</sub>/Al In Photocatalyses As A Metyelene Blending Textile Waste Blending] Research on the effect of TiO<sub>2</sub>/Al thin film thickness has been made with spin coating technique at a rotational speed of 1500 rpm for 20 seconds and 30 seconds. TiO<sub>2</sub>/Al thin layer was tested by Scanning Electron Microscopy (SEM) to see thickness and morphology. The resulting thickness is 1, 300 μm for a 20 second rotation time and a thin layer with a 30 second rotation time of 4.841 μm thickness. Furthermore, photocatalysts were tested for the MB analysis of MB textile waste and from a 100 ppm factory exposed in the sun for 3 hours. The results of absorbance waste after photocatalyst using UV-Vis obtained the greatest degradation value of 94.17% for MB MB of synthesis and 15.11% in MB from factory waste with TiO<sub>2</sub> Al 4% thin film.*

Keywords: *Doping, Degradation Value, Photocatalyst.*

### PENDAHULUAN

Industri tekstil di Indonesia mengalami peningkatan yang semakin pesat guna memenuhi kebutuhan masyarakat akan sandang. Namun besarnya jumlah industri tekstil di Indonesia ini tidak diimbangi dengan pengolahan limbah cair dengan baik dan benar. Sebagian besar industri tekstil tersebut menggunakan pewarna sintetis dengan alasan murah, tahan lama, mudah diperoleh, dan mudah dalam penggunaan. Penggunaan pewarna tekstil sintetis menimbulkan masalah, yakni limbah yang dihasilkan masih berwarna dan sulit terdegradasi. Limbah pewarna tekstil harus diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke saluran air. Ini disebabkan karena sekitar 10% hingga 15% zat

pewarna yang sudah dipakai, tidak dapat digunakan ulang dan harus dibuang (Ruzicka dkk., 2014).

Limbah industri memiliki dampak langsung maupun tidak langsung terhadap lingkungan sekitarnya. Pewarna tekstil merupakan salah satu limbah industri yang menyebabkan pencemaran lingkungan. Pewarna sintetis yang banyak digunakan adalah yang mengandung kromofor azo, antara lain: *methyl orange* dan *methylene blue*. Pewarna ini merupakan kelas terbesar dari pewarna sintesis yang bersifat *non biodegradable* (Adytia dan Sutanto, 2014).

Diperlukan sebuah inovasi dan pengembangan teknologi baru sebagai solusi bagi pemecahan masalah pencemaran sumberdaya air

seperti teknologi pengolahan limbah cair. Salah satu metode alternatif yang mudah diterapkan adalah metode fotodegradasi menggunakan fotokatalis  $\text{TiO}_2$ . Metode ini mampu menguraikan limbah zat warna menjadi komponen-komponen sederhana melalui oksidasi fotokatalitik (Lestari dkk., 2015). Fotokatalis dalam reaksinya melibatkan pasangan elektron-hole ( $e^-$  dan  $h^+$ ). Fotokatalis memanfaatkan cahaya untuk mengaktifkan katalis yang kemudian bereaksi dengan senyawa kimia yang berada di dekat ataupun di permukaan katalis (Sutanto dan Wibowo, 2015).

$\text{TiO}_2$  merupakan semikonduktor oksida logam yang banyak digunakan dalam aplikasi fotokatalis, karena memiliki kestabilan termal dan kimia yang tinggi, inert, non toksik, luas permukaan tinggi dan mudah dipreparasi (Karim, 2016). Celah pita energi  $\text{TiO}_2$  berkisar 3 – 3,4 eV yaitu pada panjang gelombang sinar UV. Celah pita yang cukup lebar tersebut mengakibatkan keterbatasan dalam pengaplikasiannya, dimana efisiensi fotokatalitik yang dihasilkan hanya 8% dari energi matahari. Untuk memperlebar rentang penyerapan sinar matahari, yaitu pada cahaya tampak, maka diperlukan penambahan suatu bahan (*doping*) dapat mengubah sifat dari suatu material, salah satunya sifat optik dari  $\text{TiO}_2$  tentang nilai celah pita energi (*band gap energy*).

Pendoping pada  $\text{TiO}_2$ , umumnya menggunakan Al, N, C, S, P dan F. dari berbagai unsur tersebut Al merupakan dopan yang paling efektif untuk merubah celah pita energi  $\text{TiO}_2$ . Pemilihan Al sebagai dopan disebabkan karena bahan Al bervalensi 3, yang sangat cocok jika dilakukan pendopingan pada material  $\text{TiO}_2$ , dimana bahan Ti bervalensi 4. Atom Al dengan tiga elektron valensi menggantikan atom Ti, maka terjadi lubang (*hole*) bermuatan positif pada pita valensi, dan elektron tambahan akan diterima untuk membentuk empat ikatan kovalen di sekitar Ti. Logam Al bertindak sebagai *akseptor*, semikonduktor ekstrinsik jenis-p akan membentuk tingkat *akseptor* di atas pita valensi. Terbentuk tingkat *akseptor* membuat elektron dapat berpindah lebih cepat dan membutuhkan energi untuk berpindah yang lebih kecil (Sze dan Kwok, 2007). Selain itu, jari-jari ion  $\text{Al}^{3+}$  tidak berbeda jauh dengan jari-jari ion  $\text{Ti}^{4+}$ . Dimana menurut Roose dkk., 2015 jari-jari atom *doping* seharusnya tidak berbeda jauh dari jari-jari ion bahan yang akan di *doping* untuk mencegah terjadi distorsi kisi, menghambat cacat baru yang dapat menghambat kinerja perangkat. Bahan  $\text{Ti}^{4+}$  memiliki jari-jari ion

0,061 nm sedangkan jari-jari ion  $\text{Al}^{3+}$  sebesar 0,053 nm (Tsai dkk., 2012). Selain itu, Al juga memiliki kualitas optik yang baik, resistivitas rendah dan konduktansi tinggi.

Pada umumnya, teknik yang dilakukan untuk mendegradasi air limbah adalah dengan langsung memasukkan bahan semikonduktor  $\text{TiO}_2$  ke dalam air limbah. Hal tersebut kurang efektif dalam proses pndegradasian, karena bahan semikonduktor tersebut sulit untuk dikeluarkan dari air limbah yang akan menimbulkan sedikit kekeruhan. Kekurangan yang tersebut diselesaikan dengan melapiskan partikel  $\text{TiO}_2$  pada partikel transparan, dalam penelitian ini akan digunakan kaca preparat sebagai substrat.

Metode yang digunakan untuk sintesis  $\text{TiO}_2/\text{Al}$  adalah metode sol-gel dengan teknik spin coating. Metode ini sangat cocok digunakan dalam sintesis logam oksida termasuk  $\text{TiO}_2/\text{Al}$  dan dapat dikerjakan pada kondisi suhu rendah dan tekanan ruang serta mudah dalam kontrol komposisi (kehomogenan komposisi kimia baik) dan proses pembuatan yang sederhana (Chaharmahali, 2012). Penelitian ini dilakukan untuk melihat perbedaan proses degradasi  $\text{TiO}_2$  murni dengan  $\text{TiO}_2/\text{Al}$ . Konsentrasi Al yang digunakan dalam *doping* dimulai dari 0%, 2 %, 4 % dan 6 % dan zat warna yang akan didegradasi adalah zat warna dari limbah MB hasil sintesis dan limbah MB dari pabrik.

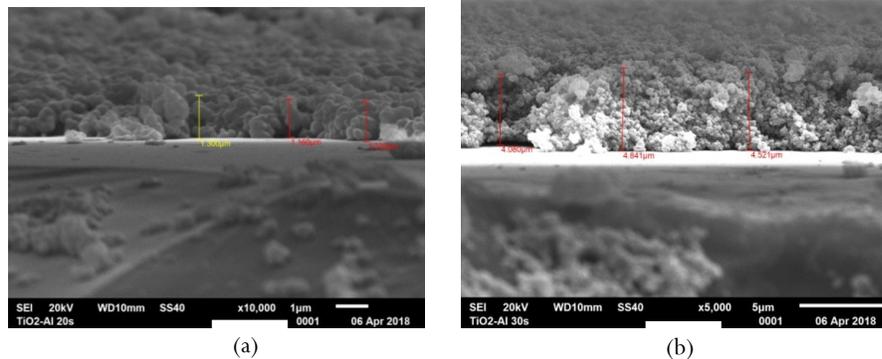
## METODE

Diawali dengan pembersihan substrat kaca yang berukuran  $5 \times 2,5 \text{ cm}^2$  dengan menggunakan *ultrasonic cleaner*, dan kemudian dikeringkan. Kemudian dilanjutkan dengan pembuatan koloid  $\text{TiO}_2/\text{Al}$  dengan cara melarutkan polivilin alkohol (PVA) ke dalam aquades. Selanjutnya ditambah serbuk  $\text{TiO}_2$  diaduk menggunakan *magnetic stirrer* hingga berbentuk koloid. Kemudian tambahkan serbuk aluminium (Al) dengan variasi 0%, 2%, 4% dan 6% sebagai pengotor.

Koloid  $\text{TiO}_2/\text{Al}$  dideposisi dengan teknik *spin coating* pada kecepatan putar 1500 rpm selama 20 detik dan 30 detik. Lapisan tipis yang telah dideposisi dipanaskan di atas *hot plate* selama 10 menit pada suhu  $150^0 \text{ C}$ . Proses selanjutnya yaitu lapisan tipis  $\text{TiO}_2/\text{Al}$  di *sintering* pada suhu  $500^0 \text{ C}$  selama 1 jam. Lapisan tipis yang telah di *sintering* dianalisis menggunakan UV-Vis dan SEM.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

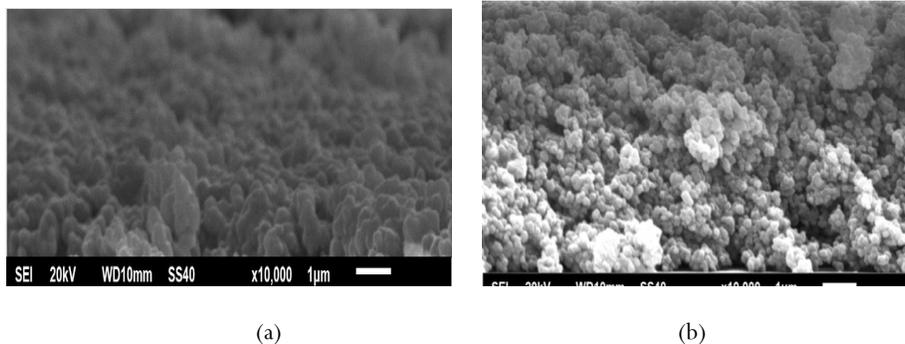
Dipilih salah satu sampel untuk dilakukan uji SEM yaitu lapisan tipis  $\text{TiO}_2/\text{Al}$  4%. Uji SEM bertujuan untuk melihat ketebalan serta bentuk morfologi dari lapisan tipis  $\text{TiO}_2/\text{Al}$ . Ketebalan lapisan tipis berpengaruh terhadap hasil fotokatalis. Hasil ketebalan lapisan tipis  $\text{TiO}_2/\text{Al}$  dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Hasil ketebalan lapisan tipis  $\text{TiO}_2/\text{Al}$  4% (a) waktu putar 20 detik (b) waktu putar 30 detik.

Berdasarkan Gambar 1 dapat lapisan tipis  $\text{TiO}_2/\text{Al}$  4% dengan kecepatan putar 20 detik memiliki ketebalan sebesar 1,300  $\mu\text{m}$ , sedangkan ketebalan lapisan tipis  $\text{TiO}_2/\text{Al}$  4% pada kecepatan putar 30 detik yaitu 4,841  $\mu\text{m}$ . Selain untuk melihat ketebalan dari lapisan tipis  $\text{TiO}_2/\text{Al}$  4%, uji SEM juga bertujuan untuk melihat morfologi lapisan tipis  $\text{TiO}_2/\text{Al}$  4%. Uji morfologi lapisan tipis  $\text{TiO}_2/\text{Al}$

4% dilakukan pembesaran 10000x yang dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Morfologi lapisan tipis  $\text{TiO}_2/\text{Al}$  4% dengan kecepatan putar 1500 rpm (a) waktu putar 20 detik (b) waktu putar 30 detik.

Gambar 2 menunjukkan hasil morfologi lapisan tipis  $\text{TiO}_2/\text{Al}$  4% yang merata dan ukuran partikel yang homogen, dengan partikel berbentuk bulat. Ukuran partikel lapisan tipis  $\text{TiO}_2/\text{Al}$  4% yaitu berada dalam range 0,12  $\mu\text{m}$  sampai dengan 0,52  $\mu\text{m}$ . limbah MB yang telah diuji fotokatalis selanjutnya dilakukan uji UV-Vis untuk melihat

absorbansinya. setelah diuji UV-Vis maka dihitung degradasi (%) dengan menggunakan persamaan 1:

$$\text{Degradasi (\%)} = \frac{C_0 - C_t}{C_0} \cdot 100\% \quad (1)$$

Notasi  $C_0$  adalah konsentrasi serta absorbansi pada suatu panjang gelombang dari larutan MB 100 ppm

sebelum penginaran sinar UV matahari (1,2806), sedangkan  $C_t$  adalah konsentrasi dan absorbansi pada suatu panjang gelombang dari larutan MB 100 ppm setelah penginaran sinar UV matahari (Sutanto,

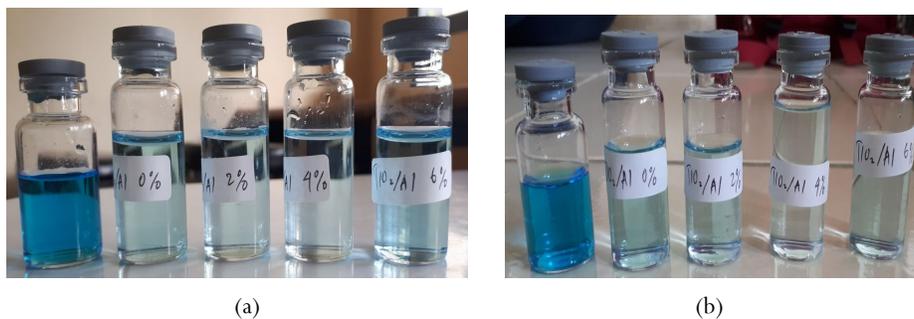
2013). Hasil uji fotokatalis lapisan tipis  $\text{TiO}_2/\text{Al}$  terhadap limbah MB sintesis dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Nilai Pengujian Fotokatalis Pewarna Limbah MB dari pabrik lapisan tipis  $\text{TiO}_2/\text{Al}$  pada kecepatan putar 20 detik dan 30 detik.

Jenis Sampel	20 detik		30 detik	
	Absorbansi	Degradasi (%)	Absorbansi	Degradasi (%)
$\text{TiO}_2/\text{Al}$ 0%	1,1859	7,39	0,1595	87,54
$\text{TiO}_2/\text{Al}$ 2%	1,1075	13,52	0,1110	91,33
$\text{TiO}_2/\text{Al}$ 4%	0,0865	93,24	0,0746	94,17
$\text{TiO}_2/\text{Al}$ 6%	1,1585	9,53	0,1339	89,54

Nilai degradasi pada Tabel 1 menunjukkan kemampuan sampel lapisan tipis  $\text{TiO}_2/\text{Al}$  untuk menghilangkan unsur kimia berbahaya pada limbah MB yang dibuktikan dengan limbah MB berubah warna dari biru tua menjadi biru muda. Nilai degradasi dipengaruhi oleh nilai absorbansi limbah MB setelah dilakukan uji fotokatalis. Semakin kecil nilai absorbansi maka hasil degradasi akan lebih besar. Larutan limbah MB hasil sintesis yang telah diuji fotokatalis akan menghasilkan nilai absorbansi

yang lebih kecil. Lapisan tipis  $\text{TiO}_2/\text{Al}$  2%, 4% dan 6% dapat mendegradasi limbah MB lebih besar bila dibandingkan dengan  $\text{TiO}_2/\text{Al}$  0%. Nilai pendegradasi paling besar terdapat pada sampel lapisan tipis  $\text{TiO}_2/\text{Al}$  4% dengan waktu putar 30 detik yaitu sebesar 94,17%. Sampel lapisan tipis  $\text{TiO}_2/\text{Al}$  6% dengan waktu putar 30 detik mengalami penurunan nilai degradasi yaitu 89,54%. Hasil fotokatalis limbah MB dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Hasil limbah MB sintesis lapisan dengan lapisan tipis  $\text{TiO}_2/\text{Al}$  (a) kecepatan putar 20 detik (b) limbah mb kecepatan putar 30 detik.

Selain uji fotokatalis juga dilakukan pada MB dari pabrik. Limbah MB diperoleh dari industri pengolahan batik di daerah Seberang Kota Jambi. Limbah MB ini diperoleh dari sisa air buangan proses pencelupan warna akhir pada kain batik yang masih terdapat padatan. Air limbah diambil dan dimasukkan dalam wadah tertutup dan gelap.

Sampel limbah yang digunakan untuk uji fotokatalis harus diencerkan terlebih dahulu untuk dapat dideteksi absorbansinya. nilai absorbansi sebelum diuji fotokatalis sebesar 0,1185. Pengenceran dilakukan dengan komposisi sampel limbah berbanding dengan aquades 1:500. Hasil fotokatalis limbah batik dapat terlihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Nilai Pengujian Fotokatalis Pewarna Limbah Batik lapisan tipis TiO<sub>2</sub>/Al pada kecepatan putar 20 detik dan 30 detik.

Jenis Sampel	20 detik		30 detik	
	Absorbansi	Degradasi (%)	Absorbansi	Degradasi (%)
TiO <sub>2</sub> /Al 0%	0,1372	-15,78	0,1390	-17,30
TiO <sub>2</sub> /Al 2%	0,1345	-13,50	0,1190	-0,42
TiO <sub>2</sub> /Al 4%	0,1081	8,78	0,1006	15,11
TiO <sub>2</sub> /Al 6%	0,1411	-19,07	0,1397	-17,89

Berdasarkan Tabel 2 diperoleh hasil degradasi minus untuk sampel lapisan tipis TiO<sub>2</sub>/Al 0%, 2% dan 6%. Lapisan tipis TiO<sub>2</sub>/Al 4% mampu mendegradasi 8,78% dan 15,11%. Sampel yang mendegradasi dengan hasil minus disebabkan oleh larutan yang terlalu encer. Menurut Almu'minin dkk (2016) Perbandingan pengenceran yaitu 1:400. Nilai degradasi paling besar terdapat pada lapisan tipis TiO<sub>2</sub>/Al 4% yaitu 8,78% dan 15,11%, sedangkan untuk sampel TiO<sub>2</sub>/Al 0%, 2% serta 6% hanya

mampu mengdegradasi limbah MB dari pabrik yang sedikit itu ditandai dengan hasil % degradasi yang minus. Berdasarkan nilai degradasi yang didapat, bahwa *doping* sangat berpengaruh dalam proses fotokatalis. Lapisan tipis TiO<sub>2</sub>/Al mampu mendegradasi limbah MB dari pabrik lebih besar bila dibandingkan dengan lapisan tipis TiO<sub>2</sub> tanpa *doping*. Hasil larutan limbah MB dari pabrik yang telah diuji fotokatalis dapat dilihat pada Gambar 4.



(a)



(b)

**Gambar 4.** Hasil fotokatalis limbah MB dari pabrik dengan lapisan tipis TiO<sub>2</sub>/Al (a) kecepatan putar 20 detik (b) kecepatan putar 30 detik.

## KESIMPULAN

Penambahan Al berpengaruh terhadap hasil uji fotokatalis. Lapisan tipis TiO<sub>2</sub> *doping* Al memperoleh hasil degradasi lebih besar bila dibandingkan dengan lapisan tipis TiO<sub>2</sub> tanpa *doping*. Massa *doping* paling baik yaitu terdapat pada TiO<sub>2</sub>/Al 4% yang mampu mendegradasi limbah MB hasil sintesis sebesar 94,17% dan limbah MB dari pabrik 15,11% dengan ketebalan lapisan 4,841 μm. Sedangkan lapisan tipis dengan ketebalan 1,300 μm hanya mampu mendegradasi limbah MB hasil sintesis sebesar 93,24% dan 8,78% untuk limbah MB dari pabrik.

## DAFTAR PUSTAKA

Aditya, H. Y. dan H. Sutanto. 2014. Analisis Sifat Optik Lapisan Tipis Bilayer ZnO/TiO<sub>2</sub> Yang Dideposisikan Menggunakan Metode Sol-Gel

*Spray Coating Dan Aplikasinya Sebagai Fotodegradasi Zat Warna. Youngster Physics Journal.* 3(3):223-230.

Almu'minin, A. S., T. Haryati dan T. Mulyono. 2016. Sintesis Dan Karakterisasi Film Lapis Tipis TiO<sub>2</sub> Sebagai Pendegradasi Pewarna Tekstil Procion Red Mx-8b. *Jurnal Ilmu Dasar.* 17(2):65-72.

Chaharmahali, A. R. 2012. The Effect of TiO<sub>2</sub> Nanoparticles on the Surface Chemistry, Structure and Fouling Performance of Polymeric Membranes. *Thesis.* University of New South Wales. Sydney.

Karim, S., dkk., 2016. Sintesis dan Karakterisasi TiO<sub>2</sub> Terdoping Nitrogen (N-Doped TiO<sub>2</sub>) dengan metode Sol-gel. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi.* 19(2): 63-67.

- Lestari, Y. D., S. Wardhani dan M. M. Khunur. 2015. Degradasi *Metyelene Blue* menggunakan Fotokatalis  $\text{TiO}_2\text{-N}$ /Zeolit dengan Sinar Matahari. *Kimia Student Journal*.1:592-598.
- Mahadik, M.A., S.S. Shinde, Y.M. Hunge, V.S. Mohite, S.S. Kumbhar, A.V. Moholkar, K.Y. Rajpure, C.H. and Bhosale. 2014. UV Assisted Photoelectrocatalytic Oxidation Of Phthalic Acid Using Spray Deposited Al Doped Zinc Oxide Thin Films. *Journal Of Alloys and Compounds*. 611:446-451.
- Ruzicka, O. dan L. Safira. 2014. Aplikasi Fotokatalis  $\text{TiO}_2$  Pada Degradasi Limbah Cair Zat Warna Tekstil, Lomba Karya Ilmiah Sumber Daya Air Tahun 2014.
- Roose, B., S. Pathak. and U. Steiner. 2015. *Doping of  $\text{TiO}_2$  For Sensitized Solar Cells*. *Chem Soc Rev*. 44:8325-8349.
- Sutanto, H. 2013. Deposisi Lapisan Tipis Fotokatalis Seng Oksida (ZnO) Berukuran Nano dengan Teknik Penyemprotan dan Aplikasinya Untuk Pengdegradasi Pewarna *Methylene Blue*. *Jurnal Fisika*. 3(1):71-75.
- Sutanto, H. dan W. Singgih. 2015. *Semikonduktor Fotokatalis Seng Oksida dan Titanium (Sintesis, Deposisi dan Aplikasi)*, UPT UNDIP Press, Semarang.
- Sze, S. M. and Kwok k. Ng. 2007. *Physics of Semiconductor Devices, Third Edition*. Wiley interscience, Canada.
- Tsai, C. Y., T. H. Kuo. and H. C. Hsi. 2012. Fabrication of Al-Doped  $\text{TiO}_2$  Visible-Light Photocatalyst for Low Concentration Mercury Removal. *International Journal of Photoenergy*. 1-8.