

**DEPOSISI LAPISAN TIPIS TITANIA DAN PEMBUATAN SISTEM  
PENGOLAH AIR LIMBAH ORGANIK MENGGUNAKAN MATERIAL  
FOTOKATALIS TITANIA (TiO<sub>2</sub>)**

**Skripsi**

Untuk memenuhi salah satu syarat mencapai derajat pendidikan Strata Satu (S-1)  
Sebagai Sarjana Sains pada Jurusan Fisika



**Disusun Oleh :**

**INDRO ADI NUGROHO  
J2D006022**

**JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS DIPONEGORO  
SEMARANG**

**Maret, 2011**

## ABSTRACT

*Titania (TiO<sub>2</sub>) is a n-type semiconductor with energy gap  $E_g \sim 3,2$  eV. TiO<sub>2</sub> material properties as oxidation catalyst that will transform harmful compounds in water and toxic waste into harmless compounds like carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) and water (H<sub>2</sub>O). TiO<sub>2</sub> thin films have been successfully deposited on a glass substrate by spray coating technique with a coating to four times as much. The produced TiO<sub>2</sub> thin film was applied for photocatalyst oxidation within organic waste water treatment.*

*TiO<sub>2</sub> sol gel has been synthesized by dissolving Titanium Tetraisopropoxide 0,5 M into Diethylene Glycol, water (H<sub>2</sub>O) and TiO<sub>2</sub>. The TiO<sub>2</sub> thin film deposited by spraying the sol gel TiO<sub>2</sub> on the glass substrat prior heated at 60-70 °C. TiO<sub>2</sub> thin film oven at a temperature of 200 °C for 30 minutes and sintering at a temperature of 450 °C for 2,5 hours. The result of measurement microstructure by XRD show that the more coating causing the crystal quality and crystallite size of the TiO<sub>2</sub> thin film increased. EDS characterization showed that the thin layer of TiO<sub>2</sub> consisting of 35,06 % titanium and 64,94 % oxygen. SEM images showed that the grain size of crystals increases with increasing number of coatings.*

*The system of TiO<sub>2</sub> photocatalyst based organic waste water treatment has been applied for organic waste water treatment. The reaction of TiO<sub>2</sub> photocatalyst to clarity, eliminate odors, reduce the value of TDS 44,08%, BOD 73,44%, and COD 71,21% in organic waste water.*

**Keywords:** *TiO<sub>2</sub>, Spray coating, Thin film, Organic waste water treatment, Photocatalyst*

## INTISARI

Titania (TiO<sub>2</sub>) merupakan salah satu material semikonduktor tipe-n dengan celah pita energi sebesar ~3,2 eV. Material TiO<sub>2</sub> memiliki sifat sebagai oksidasi fotokatalis yang akan mengubah senyawa-senyawa berbahaya dan beracun di dalam air menjadi senyawa yang tidak berbahaya seperti karbondioksida (CO<sub>2</sub>) dan air (H<sub>2</sub>O). Lapisan tipis TiO<sub>2</sub> telah berhasil dideposisikan di atas substrat kaca menggunakan teknik *spray coating* dengan pelapisan sebanyak 4 kali. Lapisan tipis TiO<sub>2</sub> selanjutnya digunakan sebagai oksidasi fotokatalis dalam pembuatan sistem pengolah air limbah organik.

*Sol gel* TiO<sub>2</sub> disintesis dengan melarutkan Titanium Tetraisopropoxide 0,5 M ke dalam Diethylene Glycol, aquades (H<sub>2</sub>O) dan serbuk TiO<sub>2</sub>. *Sol gel* TiO<sub>2</sub> diletakkan pada *spray hole* dan disemprotkan pada substrat kaca yang telah dipanaskan pada temperatur 60-70 °C. Lapisan tipis tersebut selanjutnya dioven pada temperatur 200 °C selama 30 menit serta *sintering* pada temperatur 450 °C selama 2,5 jam. Hasil pengujian mikrostruktur dengan XRD menunjukkan bahwa semakin banyak pelapisan menyebabkan kualitas kristal dan ukuran kristalit dari lapisan tipis TiO<sub>2</sub> meningkat. Karakterisasi EDS menunjukkan bahwa lapisan tipis TiO<sub>2</sub> terdiri dari 35,06 % titanium dan 64,94 % oksigen. Citra SEM menunjukkan bahwa ukuran bulir kristal meningkat dengan semakin banyaknya pelapisan.

Sistem pengolah air limbah organik berbasis material fotokatalis titania (TiO<sub>2</sub>) telah diuji untuk mengolah air limbah organik. Reaksi fotokatalis pada TiO<sub>2</sub> terbukti dapat menjernihkan, menghilangkan bau, mereduksi nilai TDS sebesar 44,08%, BOD sebesar 73,44% serta COD sebesar 71,21% pada air limbah organik.

**Kata-kata kunci:** *TiO<sub>2</sub>, Spray coating, Lapisan tipis, Pengolah air limbah organik, Fotokatalis*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang dan Permasalahan**

Pada saat ini perkembangan industri begitu pesat. Seiring dengan perkembangan tersebut tingkat pencemaran lingkungan juga semakin meningkat. Faktor yang sangat berpengaruh terhadap pencemaran lingkungan sebagian besar berasal dari industri, dikarenakan kurang baiknya pengelolaan limbah dari suatu industri. Pencemaran yang sangat sering terjadi adalah pencemaran air, dimana suatu industri memanfaatkan sungai-sungai yang bermuara ke laut untuk membuang hasil limbah industrinya. Disamping itu, juga ada suatu industri yang membuang limbah cairnya ke permukaan tanah, sehingga mencemari air tanah di lingkungan tersebut. Hal ini sangat memprihatinkan, disamping bisa merusak ekosistem yang ada di perairan tersebut, juga menyebabkan terjadinya kelangkaan air bersih.

Pada daerah-daerah tertentu di Indonesia, kelangkaan air bersih masih sering kita temui bahkan di kota-kota besar sekalipun, dan pada akhirnya masyarakat memanfaatkan air seadanya untuk kelangsungan hidup mereka. Kondisi tersebut kurang mendapat perhatian oleh pemerintah, dan peran pemerintah untuk mencanangkan program air bersih pun belum terealisasi secara optimal. Pada dasarnya yang patut bertanggung jawab atas kelangkaan air bersih ini adalah pihak industri karena paling banyak pencemaran air berasal dari limbah industri. Kandungan bahan-bahan kimia yang terdapat didalam air limbah sangat berbahaya bagi kesehatan dan bisa berakibat fatal jika dikonsumsi secara terus menerus oleh manusia maupun ekosistem disekitarnya.

Berbagai upaya telah dilakukan untuk mendapatkan air bersih yang bebas dari pencemaran akibat banyaknya aktivitas manusia dewasa ini. Secara umum ada empat kegiatan dalam siklus perputaran air berkaitan aktivitas manusia, yaitu eksplorasi air, konsumsi air, produksi air limbah dan penjernihan air limbah. Pada kegiatan keempat yaitu penjernihan air limbah, terdapat beberapa proses, antara lain penyaringan, sedimentasi, filtrasi dan disinfeksi. Meskipun sistem penjernihan ini tergolong efektif, namun demikian masih cukup mahal terkait dengan sistem dan material yang digunakan (Widiyanti, 2004).

Berdasarkan hal tersebut di atas, maka perlu dibuat suatu alat yang digunakan untuk mengolah air limbah organik menjadi air bersih sesuai baku mutunya dengan memanfaatkan sifat material  $\text{TiO}_2$  sebagai oksidasi fotokatalis. Keuntungan dari oksidasi fotokatalis adalah sumber energi yang digunakan melalui pemanfaatan cahaya matahari. Selain itu oksidasi fotokatalis akan mengubah senyawa-senyawa berbahaya dan beracun di dalam air menjadi senyawa yang tidak berbahaya seperti karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ) dan air ( $\text{H}_2\text{O}$ ) (Tian J., 2009).

Penelitian mengenai material  $\text{TiO}_2$  sebagai oksidasi fotokatalis untuk sistem penjernih air limbah sangatlah penting dilakukan dengan metode yang sederhana dan relatif murah. Penelitian pengolahan air limbah oleh Chang (2000), telah dilakukan dengan melewati air limbah di dalam media kaca yang dilapisi dengan  $\text{TiO}_2$  serta diberi paparan cahaya UV dapat membunuh 100% bakteri yang terkandung dalam air limbah tersebut. Penelitian lain dengan sistem penjernih menggunakan cahaya UV dengan panjang gelombang 254 nm telah dapat menghilangkan 99,99% bakteri patogen dan 99,99% virus (Abbaszadegan, 1997).

Dalam penelitian ini, sistem pengolah air limbah organik yang dijalankan adalah bersifat berkelanjutan dan sangat sederhana. Air limbah organik dimasukkan ke dalam suatu reaktor yang sudah dilapisi dengan material  $\text{TiO}_2$ , kemudian air limbah tersebut disirkulasikan secara berkala dengan bantuan pompa. Pada saat air limbah tersebut disirkulasikan secara terus menerus dan mendapat perlakuan di bawah sinar UV yang berasal dari matahari maupun dari lampu UV, maka akan terjadi reaksi oksidasi yang dipicu oleh adanya material fotokatalis  $\text{TiO}_2$  dalam reaktor tersebut, sehingga mengakibatkan penurunan kandungan polutan organik. Penurunan polutan organik dapat meningkatkan kualitas air limbah yang diolah sehingga menghasilkan air bersih. Sistem pengolahan limbah organik yang dijalankan pada alat ini, diharapkan dapat mengatasi kelangkaan air bersih di suatu daerah atau di kota-kota besar.

Pada penelitian ini akan dilakukan proses pembuatan sebuah sistem pengolah air limbah organik yang terdiri dari bio filter, pompa, aerator dan material fotokatalis  $\text{TiO}_2$ . Material fotokatalis  $\text{TiO}_2$  dilapiskan di atas kaca. Proses pelapisan diawali dengan sintesis Titanium Tetraisopropoxide ( $\text{Ti}(\text{OC}_3\text{H}_7)_4$  atau TTiP 0,5 M dari Titanium Tetraklorida dan Isopropanol kemudian dilanjutkan dengan sintesis *sol gel*  $\text{TiO}_2$ . Deposisi lapisan tipis  $\text{TiO}_2$  di atas kaca dilakukan menggunakan teknik *spray coating*. Material fotokatalis  $\text{TiO}_2$  yang dideposisikan di atas kaca kemudian diletakkan di dalam sebuah sistem untuk mengolah air limbah organik menjadi air bersih dengan bantuan sinar UV, baik sinar UV yang berasal dari matahari maupun

lampu UV-C *Sankyo Denki G10T8* 10 Watt. Reaksi fotodegradasi dilakukan terhadap air polder Tawang Semarang.

Dalam pembuatan alat ini, terdapat beberapa pembatasan masalah. Pembatasan ini dimaksudkan agar dapat mempermudah pembahasan pokok permasalahan menjadi lebih jelas dan sistematis. Pada penelitian ini penulis menekankan pada :

1. Deposisi lapisan tipis fotokatalis  $\text{TiO}_2$  di atas gelas kaca dilakukan dengan teknik *spray coating*.
2. Uji mikrostruktur lapisan tipis  $\text{TiO}_2$  dengan menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD), citra morfologi permukaan lapisan tipis menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM), dan komposisi lapisan tipis  $\text{TiO}_2$  diketahui dengan *Energy Dispersive Spectroscopy* (EDS).
3. Alat pengolahan air limbah ini terdiri atas *box* filter awal, reaktor dan penutup berlampu UV. *Box* filter awal tersusun dari tiga pipa pralon yang dihubungkan dengan pipa pralon dengan diameter yang lebih kecil, *box* filter awal dilindungi dengan besi lubang siku-siku dan ditutup dengan *achrylic*. *Box* reaktor terdapat dua buah lampu UV dan tabung quartz yang dilapisi dengan material fotokatalis  $\text{TiO}_2$ .
4. Air limbah yang digunakan adalah air limbah organik dari polder Tawang Semarang.
5. Pengujian kualitas air dengan uji TDS, BOD, COD dan pH meter.
6. Parameter yang diujikan adalah lama waktu pengolahan air limbah yaitu 3 jam dan 6 jam, dengan perbandingan sinar UV yang berasal dari matahari maupun lampu UV-C *Sankyo Denki G10T8* 10 Watt.

## 1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dalam penelitian ini antara lain :

1. Mendeposisikan lapisan tipis  $\text{TiO}_2$  di atas kaca dengan teknik *spray coating*.
2. Membuat alat pengolah air limbah organik menggunakan material fotokatalis titania ( $\text{TiO}_2$ ).

## 1.3 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan suatu alat berskala besar yang berfungsi mengolah air limbah organik menjadi air bersih menggunakan material fotokatalis  $\text{TiO}_2$ . Alat tersebut dapat diaplikasikan pada air limbah organik polder Tawang

Semarang, sehingga menghasilkan air bersih yang aman dimanfaatkan oleh manusia, khususnya masyarakat Semarang maupun ekosistem yang berada di daerah tersebut. Kelangkaan air bersih dapat diminimalisir dengan adanya alat tersebut, khususnya di daerah Semarang dan di daerah-daerah lain pada umumnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abbaszadegan, M., 1997, *Disinfection efficacy of a point-of-use-water treatment system against bacterial, viral and protozoan waterborne pathogens*, Water Research 31(3), Hal 572-582.
- Al-Rasheed, R., 2005, *Water treatment by Heterogeneous Photocatalysis an overview*, <http://www.google.com>, diakses 12 Agustus 2010 jam 16.52 WIB.
- Anonim, 2009, *How an Image is Produced*, <http://www.mse.iastate.edu>, diakses 12 Agustus 2010 jam 15.37 WIB.
- Anonim, 2009, *How the SEM works*, <http://www.mse.iastate.edu>, diakses 12 Agustus 2010 jam 15.45 WIB.
- Anonim, 2009, *What is an Electron microscope*, <http://www.mse.iastate.edu>, diakses 12 Agustus jam 16.00 WIB.
- Anonim, 2009, *What is the S.E.M.*, <http://www.mse.iastate.edu>, diakses 12 Agustus 2010 jam 16.10 WIB.
- Anonim, 2009, *UV-Vis Spectrophotometry*, <http://www.chemeng.ntnu.no>, diakses 12 Agustus 2010 jam 16.05 WIB.
- Anonim, 2009, *The TiO<sub>2</sub> group is composed of rutile, anatase, and brookite*, <http://ruby.colorado.edu/~smyth/min/tio2.html>, diakses 12 Agustus 2010.
- Anonim, 2003, *Ornamental-Fish Information Service Highlights*, [http://www.google.com/parameter\\_air.html](http://www.google.com/parameter_air.html), diakses 13 Desember 2010.
- Anonim, 2009, *Total Dissolve Solid*, <http://www.yahoo!answer.com/TDS.html>, diakses 13 Desember 2010.
- Anonim, 2008, *PH air dan beberapa aspek yang mempengaruhinya*. [http://www.airminumisiulang.com/PH\\_air\\_dan\\_beberapa\\_aspek\\_yang\\_mempengaruhinya.html](http://www.airminumisiulang.com/PH_air_dan_beberapa_aspek_yang_mempengaruhinya.html), diakses 15 Desember jam 10.00 WIB.
- Arutanti, O., Abdullah, M., Khairurrijal, dan Mahfudz, H., 2009, *Penjernihan Air Dari Pencemar Organik dengan Proses Fotokatalis pada Permukaan Titanium Dioksida (TiO<sub>2</sub>)*, Jurnal Nanosains dan Nanoteknologi Edisi Khusus, ISSN 1979-088V.
- Atkins, P.W., 1997, *Kimia Fisika*, Erlangga, Jakarta.
- Benedix, R., Dehn, F., Quaas, J., dan Orgass, M., 2000, *Application of Titanium Dioxide Photocatalysis to Create Self-Cleaning Building Materials*, LANCER No. 5.
- Callister, W.D., 1997, *Material Science and Engineering and Introduction Fourth Edition*, A John Wiley & Sons, Inc., Publication, New Jersey.

- Chang, H.T., Wu, N.M., dan Zhu, F., 2000, *A Kinetic Model For Photocatalytic Degradation of Organics Contaminant in a Thin Film TiO<sub>2</sub> Catalys*, Water res, 34(2), 407-416.
- Chen, Y., 2007, *The Role of Preparation Conditions in Sol-Gel Methods on the Synthesis of Nanostructured Photocatalytic Films for Water Treatment*, Dalian, China, Environmental Engineering University of Cincinnati.
- Day, R.A., dan Underwood, A.L., 2000, *Analisis Kimia Kuantitatif*, alih bahasa Pudjatkama, A.H., Erlangga, Jakarta, Hal 390-392.
- Fujishima, A., dan Honda, K., 1972, *Electrochemical photolysis of water at a semiconductor elektroda*, Nature 238, Hal 37.
- Gibbs, T.S., 2001, *Optimization Of Titanium Dioxide Photocatalysis for Sanitary Wastewater Treatment*, New Jersey.
- Iliopoulos, E., 2002, *Growth Kinetics and Investigations of Spontaneous Formation of Superlattices in AlGaN Alloys*, Disertasi Doktor, Boston University.
- Kajitvichyanukul, P., Ananpattarachai, J., dan Pongpom, S., 2005, *Sol-gel preparation and properties study of TiO<sub>2</sub> thin film for photocatalytic reduction of chromium(VI) in photocatalysis process*, Science and Technology of Advanced Materials 6 (2005), Hal 352-358.
- Kasai, N., dan Kakudo, M., 2005, *X-Ray Diffraction by Macromoleculs*, Kodansha Ltd. and Springer-Verlag, Berlin.
- Khopkar, S.M., 2002, *Konsep Dasar Kimia Analitik, Terjemahan Basic Concepts of Analytical Chemistry*, Universitas Indonesia, Jakarta.
- Manahan, S.E., 1994, *Environmental Chemistry 6<sup>th</sup>*, Lewis Publisher, USA.
- Mechiakh, R., dan Bensaha, R., 2006, *Variation of the structural and optical properties of sol-gel TiO<sub>2</sub> thin films with different treatment temperatures*, Ceramics Laboratory, University Mentouri of Constantine, Algeria.
- Nurdijanto, 2000, *Kimia Lingkungan*, Yayasan Peduli Lingkungan, Pati.
- Prawara, B., 2006, *Rancang Bangun Thermal Spray Coating Dengan Menggunakan Sistem Hight Velocity Oxygen Fuel*, Kegiatan: 4977.0127, Rekayasa Peralatan.
- Raini, M., Herman, M.J., dan Utama, N., 1995, *Kualitas Fisik dan Kimia Air PAM di DKI Jakarta tahun 1991-1992*, Cermin Dunia Kedokteran(100), Hal 50-52.
- Riyadi, S., 1984, *Pencemaran Air*, Karya Anda, Surabaya.
- Rukaesih, A., 2004, *Kimia Lingkungan*, Andi, Yogyakarta.
- Sastrohamidjojo, H., 1991, *Spektroskopi*, Edisi 2, Liberty, Yogyakarta.
- Subiyanto, H., 2009, *Pelapisan Nanomaterial TiO<sub>2</sub> Fase Anatase pada Nilon Menggunakan Bahan Perekat Aica Aibon dan Aplikasinya Sebagai Fotokatalis*, Jurnal nanosains dan Nanoteknologi Edisi khusus, ISSN 1979-088V.
- Sutanto, H., dan Nurhasanah, I., 2010, *Teknologi Lapisan Tipis*, Badan Penerbit Universitas Diponegoro, Semarang, ISBN 987-979-097-031-1.
- Thambidurai, M., Murugan, N., Muthukumarasamy, N., Vasantha, S., Balasundaraprabu, S., dan Agilan, S., 2009, *Preparation and Characterization of Nanocrystalline CdS Thin Films*, Chalcogenide Letters Vol. 6, No. 4.
- Tian, J., 2009, *Preparation and Characterization of TiO<sub>2</sub>, ZnO, and TiO<sub>2</sub>/ZnO Nanofilms Via Sol-gel Process*, Ceramics International, 35:2261-2270.
- Weber dan Adams., 1995, *Chemical and Sediment Mediated Reduction of the Azo Dye Disperse Blue 79*, Environ. Sci. Technol., 29 : 1163-1170.

- Wei, C., dan Lin, W.Y., 1994, *Bacterial activity of TiO<sub>2</sub> photocatalyst in Aqueous Media*, Environment Science Technology, 28(5), pp. 934-938.
- Weldon, D.G., 2009, *Failure Analysis of Paints and Coatings*, Weldon Laboratories, inc. Imperial, USA.
- West, R.A., 1984, *Solid State Chemistry and Its Application*, John Wiley & Sons Ltd, New York.
- Widiyanti, Putu, N.L., dan Ristiati, N.P., 2004, *Analisis Kualitatif koliform pada Depo Air Minum Isi Ulang di Kota Singaraja Bali*, Jurnal Ekologi Kesehatan Vol.3 No. 1, April 2004:63-74.
- Zhang, X., Zhang, F., dan Chan, K.Y., , *The synthesis of Pt-Modified Titanium Dioxide Thin Film by Microemulsion Templating, Their Characterization and Visible-Light Photocatalytic Properties*, Mater, Chem.Phys., 97:384-389.