

**FOTODEGRADASI ZAT PEWARNA ALIZARIN RED MENGGUNAKAN  
TiO<sub>2</sub>-HUMIN DAN SINAR UV**

**SKRIPSI**

**Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Sains Bidang Studi Kimia**



**Oleh :**

**ROHMAWATI**

**09053130003**

**JURUSAN KIMIA**

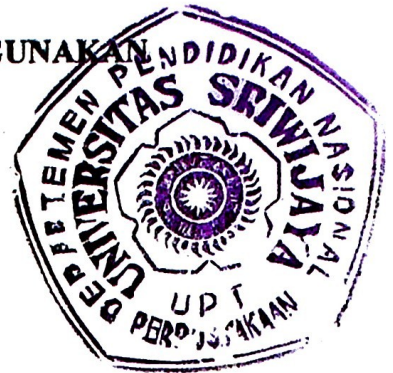
**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM**

**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2010**

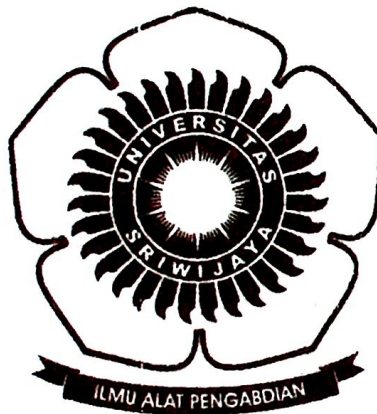
S  
667.256 07  
Roh  
E-101086  
2010

**FOTODEGRADASI ZAT PEWARNA ALIZARIN RED MENGGUNAKAN  
TiO<sub>2</sub>-HUMIN DAN SINAR UV**



**SKRIPSI**

**Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Sains Bidang Studi Kimia**



**Oleh :**

**ROHMAWATI**

**09053130003**

**JURUSAN KIMIA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2010**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**FOTODEGRADASI ZAT PEWARNA ALIZARIN RED MENGGUNAKAN  
TiO<sub>2</sub>-HUMIN DAN SINAR UV**

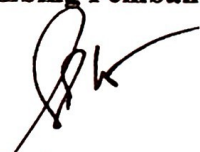
**SKRIPSI**

**Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Sains Bidang Studi Kimia**

**Oleh :**

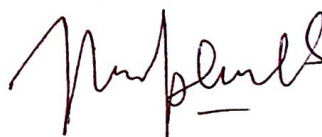
**ROHMAWATI  
09053130003**

**Pembimbing Pembantu,**



**Addy Rachmat, S.Si., M.Si  
NIP. 19740928 200012 1 001**

**Inderalaya, 12 Februari 2010  
Pembimbing Utama,**



**Nurlisa Hidayati, S.Si., M.Si  
NIP. 19721109 200003 2 001**

**Mengetahui,  
Ketua Jurusan Kimia**



**Dra. Fatma, M.S  
NIP. 19620713 199102 2 001**

"Niat adalah ukuran dalam menilai benarnya suatu perbuatan, oleh karenanya, ketika niatnya benar, maka perbuatan itu benar, dan jika niatnya buruk, maka perbuatan itu buruk" (Imam An Nawawi)

"Ketahuilah bahwa sabar, jika dipandang dalam permasalahan seseorang adalah ibarat kepala dari suatu tubuh. Jika kepalanya hilang maka keseluruhan tubuh itu akan membusuk. Sama halnya, jika kesabaran hilang, maka seluruh permasalahan akan rusak" (Khalifah 'Ali)

**Ku Persembahkan Skripsi ini untuk :**

- Allah SWT, Tuhanku yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang serta Nabi Muhammad SAW sebagai Pedomanku
- Abah (Alm) dan ibu tercinta yang menjadi semangat dalam setiap langkah ku yang selalu memberikan cinta, sayang dan perhatiannya.
- Saudara-saudaraku (kiay, y'siti, y'yaya, y'namah, een, imung dan y'tar).
- Sahabat-sahabat terbaikku (opet, bo'win, bo'ta, lia)
- Almamaterku

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan nikmat dan karunia-Nya serta salawat dan salam ditujukan kepada junjungan kita nabi besar Muhammad SAW sebagai panutan hidup, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **Fotodegradasi Zat Pewarna Alizarin Red Menggunakan  $TiO_2$ -Humin dan Sinar UV**, yang merupakan salah satu persyaratan memperoleh gelar sarjana sains di bidang studi kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.

Penulis juga menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Ibu Nurlisa Hidayati S.Si.,M.Si selaku pembimbing pertama dan Bapak Addy Rachmat, S.Si.,M.Si selaku pembimbing kedua yang telah memberikan bimbingan, petunjuk, saran, dan nasehat kepada penulis. Selain itu penulis juga mengucapkan rasa terima kasih kepada :

1. Bapak Drs. M. Irfan, M.T selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
2. Ibu Dra. Fatma, M.S selaku Ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
3. Ibu Widia Purwaningrum, M.Si selaku pembimbing akademik yang telah banyak memberikan saran serta nasehatnya kepada penulis selama kuliah.
4. Bapak Risfidian Mohadi, M.Si, Semua dosen, staf serta seluruh analis laboratorim di jurusan Kimia FMIPA Universitas Sriwijaya.

5. Kedua orang tuaku, abah (Alm) dan ibu yang telah memberikan cinta, semangat dan do'anya yang akan selalu menjadi motivatorku.
6. Kakak-kakakku kiay, yuk siti, yuk namah, een, yuk imung, yuk itar yang telah memberikan semangat dan motivasinya.
7. My sista yuk yaya'him', terimakasih atas semua bantuannya baik yang berupa moril maupun spirit.
8. Sahabat-sahabat terbaikku opet, bo'win, lia, bo'ta yang selalu membantuku dalam segala hal.
9. Sahabat-sahabatku (vipy, lilit, veby, eva, siska, rina, alyn), makasih yo buat spiritnyo.
10. Teman-temanku angkatan'05 dan adik-adik tingkat yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, terima kasih atas bantuannya.
11. Lik ijem dan lik tardi, makasih buat semua yang telah kalian lakukan.

Semoga Allah SWT memberikan balasan yang setimpal dengan pengorbanan yang mereka berikan. Penulis menyadari masih banyak kekurangan yang terdapat pada skripsi ini, maka penulis sangat mengharapkan adanya saran dan kritik yang membangun dan berharap semua tulisan ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Inderalaya, April 2010

Penulis

# PHOTODEGRADATION OF ALIZARIN RED DYE USING TiO<sub>2</sub>-HUMIN USING UV RADIATION

By  
**ROHMAWATI**  
09053130003



## ABSTRACT

A research had been done on the degradation of alizarin red dyes using TiO<sub>2</sub>-hummin and UV radiation. TiO<sub>2</sub>-hummin made by mixing humin and TiO<sub>2</sub> using a magnetic stirrer in 5, 10, 15, 20, 25, 30, 60 minutes. The products were characterized by FT-IR spectrophotometer and tested for acidity in absorbing ammonia during in 24 hours vacuum. The best TiO<sub>2</sub>-hummin was characterized by X-ray diffraction, SEM and gas sorption analyzer. Activity of TiO<sub>2</sub>-hummin to degrade Alizarin red was tested with time variation 10, 20, 30, 40, 50, 60 minutes, irradiated with UV radiation. The degradation products analyzed by UV-Vis spectrophotometer. IR spectra of TiO<sub>2</sub>-hummin synthesis product shown similar spectrum for all stirrer time variations TiO<sub>2</sub>-hummin with stirrer time 10 minutes was selected due to the greatest acidity value of 4.988 mmol/g. The distribution of TiO<sub>2</sub> on humin showed from SEM characterization ie TiO<sub>2</sub> was dispersed in humin and the XRD result showed that the TiO<sub>2</sub>-hummin was consists of rutile (R), anatase (A) and brookite (B) structure. The gas sorption analysis for TiO<sub>2</sub>-hummin porosity showed a surface area of 6.531 m<sup>2</sup>/g, total volume of 0.084 cc/g, and pore radius of 75.515 Å. The yield of photodegradation of alizarin red dye showed that the largest percent reduction of alizarin red by humin, which means that TiO<sub>2</sub>-hummin performance less effective for degradation organic dye compound.

# FOTODEGRADASI ZAT PEWARNA *ALIZARIN RED* MENGGUNAKAN TiO<sub>2</sub>-HUMIN DAN SINAR UV

Oleh

ROHMAWATI

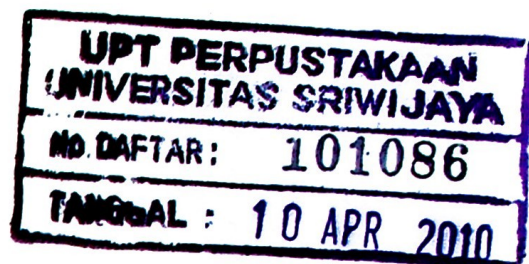
09053130003

ABSTRAK



Telah dilakukan penelitian tentang degradasi zat pewarna *alizarin red* menggunakan TiO<sub>2</sub>-humin dan sinar UV. TiO<sub>2</sub>-humin dibuat dengan mencampurkan humin dan TiO<sub>2</sub> dengan cara diaduk menggunakan magnetik stirer dengan variasi waktu stirer 5, 10, 15, 20, 25, 30, 60 menit. Hasil sintesis dikarakterisasi dengan metode spektrofotometri FT-IR dan diuji keasamannya dalam menyerap amonia dengan divakum selama 24 jam lalu dipilih TiO<sub>2</sub>-humin yang terbaik yang selanjutnya dikarakterisasi lebih lanjut dengan metode difraksi sinar-X, SEM dan karakterisasi porositas. Aktivitas TiO<sub>2</sub>-Humin diuji untuk mendegradasi *Alizarin red* dengan variasi waktu penyinaran 10, 20, 30, 40, 50, 60 menit sambil diradiasi sinar UV. Filtrat *alizarin red* hasil degradasi dianalisis dengan spektrofotometer UV-Vis. Hasil spektra IR menunjukkan bahwa setiap variasi waktu stirer mempunyai spektra IR yang hampir sama sehingga dipilih TiO<sub>2</sub>-humin dengan waktu stirer 10 menit yang memiliki nilai keasaman terbesar yaitu 4,988 mmol/g. Terbentuknya TiO<sub>2</sub>-humin ditunjukkan dari hasil karakterisasi SEM yaitu TiO<sub>2</sub> telah terdispersi pada humin dan hasil karakterisasi XRD menunjukkan bahwa TiO<sub>2</sub>-humin telah terbentuk dengan adanya pola difraksi terdiri dari struktur rutil (R), anatase (A) dan brookite (B) dari serbuk TiO<sub>2</sub> yang menyusun komposit TiO<sub>2</sub>-humin. Hasil analisis porositas untuk TiO<sub>2</sub>-humin menunjukkan luas permukaan 6,531 m<sup>2</sup>/g, volume total 0,084 cc/g, dan radius pori 75,515 Å. Dari hasil fotodegradasi zat warna *alizarin red* menunjukkan bahwa persentase pengurangan *alizarin red* terbesar dilakukan oleh humin, artinya kinerja TiO<sub>2</sub>-Humin kurang efektif untuk mendegradasi senyawa organik zat warna.





## DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
LEMBAR PERSEMBAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRACT.....	vii
ABSTRAK.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
<b>BAB I. PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Manfaat Penelitian.....	3
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>4</b>
2.1. Humin.....	4
2.2. Fotokatalis.....	6
2.3. Titanium Dioksida.....	8
2.4. Adsorpsi.....	9
2.5. Zat Pewarna ( <i>Alizarin Red</i> ).....	10
2.6. Kinetika Kimia.....	13

2.6.1 Laju Reaksi .....	13
2.6.2 Orde Reaksi .....	14
2.7. <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM).....	15
2.8. Spektroskopi FTIR ( <i>Fourier Transform Infra-Red</i> ) .....	16
2.9. <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD) .....	18
2.10. Spektrofotometri UV-Vis.....	18
<b>BAB III. METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>21</b>
3.1. Waktu Dan Tempat .....	21
3.2. Alat dan Bahan .....	21
3.3. Prosedur Penelitian.....	22
3.3.1. Sintesis TiO <sub>2</sub> -humin .....	22
3.3.2. Karakterisasi TiO <sub>2</sub> -Humin .....	22
3.3.2.1. Analisa dengan Spektrofotometer Inframerah .....	22
3.3.2.2. Penentuan Jumlah Situs Asam .....	23
3.3.2.3. Analisa dengan Difraksi Sinar-X .....	23
3.3.2.4. Analisa dengan SEM .....	23
3.3.2.5. Analisa dengan <i>Gas Sorption Analyzer</i> .....	24
3.3.3. Uji Kinerja TiO <sub>2</sub> -humin untuk Fotodegradasi <i>Alizarin Red</i> .....	24
3.3.3.1. Penentuan Panjang Gelombang Serapan Maksimum Zat Pewarna <i>Alizarin Red</i> .....	24
3.3.3.2. Pembuatan Kurva Kalibrasi ..	25
3.3.3.3. Fotodegradasi Terhadap Zat Warna <i>Alizarin Red</i> .....	25
<b>BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>26</b>

4.1. Hasil Identifikasi Gugus Fungsional TiO <sub>2</sub> -Humin dengan Spektroskopi FT-IR .....	26
4.2. Hasil Perhitungan Nilai Keasaman .....	28
4.3. Hasil Analisa Perubahan Struktur TiO <sub>2</sub> -Humin dengan Spektroskopi XRD.....	29
4.4. Hasil Identifikasi Permukaan dengan SEM .....	31
4.5. Hasil Analisa Porositas .....	32
4.6. Hasil Analisa Fotodegradasi Terhadap Zat Warna <i>Alizarin Red</i> ..	33
4.6.1. Panjang Gelombang Serapan Maksimum Zat Warna <i>Alizarin Red</i> .....	33
4.6.2. Hasil Fotodegradasi Terhadap Zat Warna <i>Alizarin Red</i> ....	33
<b>BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>38</b>
5.1. Kesimpulan.....	38
5.2. Saran.....	39
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>40</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>43</b>

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Bilangan Gelombang Utama Spektroskopi FTIR Senyawa Humat ....	5
Tabel 2. Perbandingan Serapan Gugus Fungsional Dari Humin dan TiO <sub>2</sub> -Humin .....	26
Tabel 2. Hasil Pengukuran Luas Permukaan Spesifik, Volume Pori dan Radius Pori dari Humin dan TiO <sub>2</sub> -Humin.....	32

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Model kompleks <i>clay mineral</i> -humat dengan ikatan koordinasi polivalen kation dan ikatan hidrogen .....	5
Gambar 2. Mekanisme Fotokatalisis.....	7
Gambar 3. Struktur <i>Alizarin Red</i> .....	11
Gambar 4. Spektra FTIR Humin dan TiO <sub>2</sub> -Humin Pada Berbagai Waktu Interaksi .....	27
Gambar 5. Nilai Keasaman TiO <sub>2</sub> -Humin .....	29
Gambar 6. XRD Pattern Humin, TiO <sub>2</sub> -Humin 10 menit dan TiO <sub>2</sub> .....	30
Gambar 7. Foto SEM TiO <sub>2</sub> -Humin dengan Waktu Stirer 10 menit Pada Perbesaran 10.000x dan 20.000x .....	31
Gambar 8. Grafik Absorbansi Zat Pewarna <i>Alizarin Red</i> .....	33
Gambar 9. Grafik Persentase Pengurangan <i>Alizarin Red</i> Sebagai Fungsi Waktu .....	34
Gambar 10. Grafik ln Ct/Co lawan t pada Fotodegradasi <i>Alizarin Red</i> dengan TiO <sub>2</sub> -Humin .....	36

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Perhitungan Nilai Keasaman .....	43
Lampiran 2. Grafik Panjang Gelombang Serapan Maksimum <i>Alizarin Red</i> ...	45
Lampiran 3. Data Kurva Kalibrasi Zat Pewarna <i>Alizarin Red</i> $10^{-4}$ M .....	46
Lampiran 4. Data Absorbansi untuk Fotodegradasi Zat Pewarna <i>Alizarin Red</i> oleh $\text{TiO}_2$ -Humin dan Humin.....	47
Lampiran 5. Perhitungan Tetapan Laju Adsorpsi ( $k$ ).....	50
Lampiran 6. Spektra FTIR Humin dan $\text{TiO}_2$ -Humin dengan Berbagai Variasi Waktu Stirer .....	51
Lampiran 7. Spektra pattern XRD untuk $\text{TiO}_2$ -Humin 10 menit .....	55
Lampiran 8. Gambar Penelitian .....	56

# BAB I

## PENDAHULUAN



### 1.1 Latar Belakang

Limbah zat warna yang dihasilkan dari industri tekstil umumnya merupakan senyawa organik *nonbiodegradable*, yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan perairan. Jenis bahan perwarna yang digunakan didalam industri tekstil dewasa ini sangat beraneka ragam, dan biasanya tidak terdiri dari satu jenis zat warna, oleh karena itu penanganan limbah tekstil menjadi sangat rumit dan memerlukan beberapa langkah sampai limbah tersebut benar-benar aman untuk dilepas ke lingkungan perairan.

Saat ini berbagai teknik atau metode penganggulangan limbah tekstil telah dikembangkan, diantaranya adalah metode adsorpsi. Namun metode ini ternyata kurang begitu efektif karena zat warna tekstil yang diadsorpsi tersebut masih terakumulasi didalam adsorben yang pada suatu saat nanti akan menimbulkan persoalan baru. Sebagai alternatif dikembangkan metode fotodegradasi dengan menggunakan bahan fotokatalis dan radiasi sinar ultraviolet yang energinya sesuai atau lebih besar dari energi *band gap* fotokatalis tersebut. Dengan metode fotodegradasi ini, zat warna akan diurai menjadi komponen-komponen yang lebih sederhana yang lebih aman untuk lingkungan (Wijaya, dkk. 2006).

Hasil-hasil penelitian tentang fotodegradasi yang dilakukan sebelumnya menunjukkan bahwa oksida logam transisi sangat baik digunakan untuk fotokatalis. Diantara oksida logam transisi yang biasa digunakan sebagai

fotokatalis adalah  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{ZnO}$  dan lain-lain (Rao and Nath, 2003). Pemilihan  $\text{TiO}_2$  sebagai bahan fotokatalis untuk fotodegradasi karena  $\text{TiO}_2$  dapat secara luas digunakan untuk reaksi fotodegradasi banyak senyawa (Pavasupree *et al*, 2006).  $\text{TiO}_2$  sebagai agen fotokatalisis berfungsi sebagai pendegradasi limbah zat kimia berbahaya dan beracun dengan bantuan sinar UV, sehingga pengolahan limbah cair akan lebih mudah dan efektif.

Senyawa humin dipilih sebagai pengemban atau *host material* karena memiliki keunggulan dalam menghilangkan zat-zat pencemar melalui proses adsorpsi oleh situs-situs aktif senyawa humin, serta humin dapat dengan mudah diperoleh dan murah. Humin juga stabil baik dalam medium asam maupun basa, sehingga aplikasinya untuk penanganan limbah cair di lingkungan dapat dilakukan dengan efektif karena strukturnya yang stabil.

Industri tekstil umumnya banyak menggunakan zat-zat pewarna dalam proses produksinya, salah satunya adalah zat warna *Alizarin red*. Zat ini biasanya digunakan dalam proses pencelupan (*dyes*) dalam industri tekstil. *Alizarin red* adalah salah satu contoh zat organik yang dapat mencemari badan air. Zat organik ini dapat mengubah sifat fisika air seperti kenaikan suhu, kekeruhan, warna, bau dan pH air yang tercemar tersebut. Di dalam *Alizarin red* terkandung gugus sulfonat, sehingga zat ini termasuk sebagai zat yang sangat berbahaya. Dengan metode fotodegradasi, maka zat warna *alizarin red* akan diubah menjadi senyawa yang lebih sederhana yaitu  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$  yang lebih ramah lingkungan. Dalam penelitian ini akan dibahas tentang sintesis  $\text{TiO}_2$ -humin dan aplikasinya untuk mendegradasi zat warna *alizarin red*.



## 1.2 Rumusan Masalah

Penanganan limbah tekstil dengan metode adsorpsi ternyata kurang begitu efektif. Sebagai alternatif, maka dikembangkan metode fotodegradasi dengan menggunakan bahan fotokatalis dan radiasi sinar UV.  $\text{TiO}_2$  sebagai agen fotokatalis berfungsi sebagai pendegradasi limbah zat warna organik berbahaya dan senyawa humin dipilih sebagai pengemban atau host material. Berdasarkan hal di atas maka dilakukan sintesis dan karakterisasi  $\text{TiO}_2$ -humin serta aplikasinya untuk mendegradasi zat warna *alizarin red*.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang akan dicapai pada penelitian ini adalah:

1. Melakukan sintesis fotokatalis  $\text{TiO}_2$ -humin
2. Melakukan karakterisasi  $\text{TiO}_2$ -humin melalui identifikasi gugus fungsional, analisa perubahan struktur dan identifikasi morfologi permukaan, analisa luas permukaan dan ukuran pori serta penentuan jumlah situs asam
3. Melakukan fotodegradasi zat pewarna *alizarin red* dengan menggunakan  $\text{TiO}_2$ -humin dan sinar UV.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan metode alternatif terhadap pengolahan limbah zat warna tekstil agar hasil pengolahan limbah lebih ramah lingkungan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2009<sup>a</sup>. *Adsorpsi*. (<http://id.wikipedia.org/wiki/adsorpsi>). Diakses 11 Desember 2009
- Anonim. 2009<sup>b</sup>. *Fotokatalis*. (<http://id.wikipedia.org/wiki/fotokatalis>). Diakses 30 November 2009
- Anonim, 2009<sup>c</sup>. ([http://id.wikipedia.org/wiki/Spektroskopi\\_inframerah](http://id.wikipedia.org/wiki/Spektroskopi_inframerah)). Diakses 6 Januari 2009
- Anonim. 2009<sup>d</sup>. *Titanium*. (<http://id.wikipedia.org/wiki/titanium>). Diakses 28 Desember 2009
- Anonim. 2009<sup>e</sup>. *Titanium Dioksida (TiO<sub>2</sub>) Fotokatalis (photocatalist) yang Potensial*. (<http://www.curvatech.com/2009/09/25/titanium-dioxidatio2-fotokatalis-photocatalist-yang-potensial/>). Diakses 28 Desember 2009
- Atkins. 1978. *Physical Chemistry, Fifth Edition*. Oxford University Press : United State of America.
- Ameena, Y. K., 2003. *Titanium Dioxide Coated Activated Carbon: A Regenerative Technology For Water Recovery, A Thesis Presented to the Graduate School of the University of Florida in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Engineering*, University Of Florida.
- Castellan, G. W., 1982, *Physical Chemistry, Third Edition*, Menlo Park, California
- Chen, J., Jidong Z., Yuenzhong X., Xiangyang Y., 2005. Preparation and Application of TiO<sub>2</sub> Photocatalytic Sensor for Chemical Oxygen Demand Determination In Water Research. East China Normal University, Shanghai China. *Water Research* 39 (2) 1340-1346.
- Febrianto, M., 2010. *Sintesis Hibrid Anorganik–Organik Mikrostruktur TiO<sub>2</sub>-Humin dan Pemanfaatannya Pada Proses Fotodegradasi Metilen Biru*, Skripsi Jurusan Kimia FMIPA Unsri, Inderalaya.
- Fitrihana, Noor. 2010. *Sekilas Zat Warna Alam untuk Tekstil*. (<http://batikyogya.wordpress.com/2007/08/16/sekilas-tentang-zat-warna-alam-untuk-tekstil/>). Diakses 11 Januari 2009.
- Fujishima, A., Rao, T. N. and Tryk, D. A., 2000. Titanium Dioxide Photocatalysis, *Journal of Photochem. Photobiol, C: Photochem. Rev.*, 1, pp. 1-21.

- Halmann, M., 1996. *Photodegradation of Water Pollutants*. New York: CRC Press.
- Hendayana, S., 1994, *Analisa Kimia Instrumen*, IKIP Semarang Pres : Semarang
- Huang, M., Mao, and Yang, P, 2001. Room temperature ultraviolet nanowire nanolasers, *Science*, 292, pp.24-37
- Joung, S. K., Amemiya, T., Murabayashi, M., and Itoh, K., 2009. Chlorine-Doped Visible Light Driven TiO<sub>2</sub> Photocatalysts: Property Changes due to Preparation Condition, *Hodogaya-ku, Yokohama, 240-8501, Japan*.
- Keenan, Charles W., 1996. *Ilmu Kimia untuk Universitas*. Erlangga, Jakarta.
- Kohl, S., and Rice, J. A., 2008. *The Binding of Organic Contaminants To Humin*, HSRC.
- Khopkar, SM., 1990. *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Universitas Indonesia Press : Jakarta.
- Lestari, V., 2007. *Studi Adsorpsi Ag(I) dan Au (III) Oleh Hibrid anorganik-Organik Mikrostruktur V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-PST Dalam Medium Air*. FMIPA Universitas Sriwijaya, Inderalaya
- Ming, L. C., Jang, S. B., and Won, C. O., 2006. Characterization of AC/TiO Composite Prepared with Pitch Binder and Their Photocatalytic Activity. *Bull. Korean Chem. Soc.*, 27(9) 1423.
- Mariana, D., 2008. *Karakterisasi Fotokatalis Ag-TiO<sub>2</sub>/Zeolit Alam*. FMIPA Universitas Sriwijaya, Inderalaya.
- Nur, H., Hayati, F., Halimatun, H., 2007, On The Location of Different Titanium Sites In Ti-OMS-2 and Their Catalytic Role In Oxidation of Styrene. Universiti Teknologi Malaysia, Johor Malaysia. *Science Direct., Catalys Communications*.
- Oscik, 1982. *Adsorption*. Ellis Horwood Limited, England
- Ollies, D. F., and Al-Ekabi (editor), 1993. *Photocatalytic purification and Treatment of Water and Air*. Elsevier, Amsterdam.
- Pavasupree, S., Ngamsinlapasathian, S., Nakajima. M., Suzuki, Y., and Kawahata, R., 2006. Synthesis, Characterization, Photocatalytic Activity and Dye Sensitized Solar Cell Performance of Nanorods/Nanoparticles TiO<sub>2</sub> with Mesoporous Structure, *Journal Photochem. Photobio. A: Chem.*, in press.
- Petrucci, R. H., 1987. *Kimia Dasar, Prinsip dan Terapan Modern, Edisi keempat Jilid 3*. Erlangga, Jakarta.
- Rao, C. N. R., and Nath, M., 2003. Inorganic Nanotubes, *Dalton Trans.*, 1, pp. 1-24.

- Sastrohamidjojo, H., 1992. *Spektroskopi Inframerah*. Liberty, Yokyakarta.
- Sayilkan, F., 2005. *Characterization of TiO<sub>2</sub> Synthesized In Alcohol By A Sol-Gel Proses : The Effect of Annealling and Acid Catalysist*. Inonu University Faculty Of Education, Departemen Of Science, Malaysia-Turkey.
- Stevenson, F. J., 1994, *Humus Chemistry, Genesis, Composition, Reactions, 2nd Ed.*, John Wiley & Sons, Inc, New York.
- Shaw, D. J., 1983. *Introduction to Colloid and Surface Chemistry*, Butterworth and Co. Ltd, New York.
- Sofyan, 2009. *Metode Spektroskopi Uv-Vis dan IR*. (<http://www.blogpribadi.com/2009/07/metode-spektroskopi-uv-vis-dan-ir.html>). Diakses 6 Januari 2009
- Xiaobing, Z., Xuanyong, L., Chuanxian, D., 2005. *Acid-induced bioactive titania surface*, Wiley InterScience.
- Weller, M. T., 1994. *Inorganik Material Chemistry*. Oxford University Press, New York.
- Widarko, I., 2008. *Studi Adsorpsi Cu(II), Cd(II) dan Cr(VI) Pada Humin Yang Diisolasi Dari Tanah Gmbut Kabupaten Ogan Komering Ilir*, Skripsi Jurusan Kimia FMIPA Unsri, Inderalaya.
- Wijaya, K., Sugiharto, E., Fatimah I., Iqmal T., and Rudatiningsih., 2005, Fotodegradasi Zat Warna Alizarin S Menggunakan TiO<sub>2</sub>-Zeolit dan Sinar UV. Universitas Gajah Mada : Yokyakarta. *Indo. J.Chem.*, 6 (1), 32-37.