

**PEMBUATAN LAPISAN TIPIS TiO₂ -DOPED LOGAM M (M= Ni, Cu dan Zn)
DAN APLIKSI SIFAT KATALITIKNYA PADA PENJERNIHAN AIR RAWA
GAMBUT**

Nancy Willian, M.Si
Prof. Syukri Arif, M.Eng

ABSTRACT

Preparation of TiO₂-doped Metal M (Ni, Zn and Cu) has been prepared using glass as substrate with *dip-coating* technique. Titanium isopropoksida (TIP, Ni(Oac)₂ 4 H₂O, Zn (Oac)₂ 2 H₂O dan Cu (Oac)₂ were used as *starting material* with addition of dietanol amin (DEA) as additive in isopropanol solution. Film were prepared with various concentration of metal as 1, 3 and 5 mol % with concentration of TIP in 0,5 M. Coating were prepared by immersion of glass substrate into solution and withdraw speed of 20 cm/min. Coated glass were dried at 100 – 110° C and heated at 500° C the process were repeated for several time. The product were characterization by XRD and show that the appeared layer has structure of anatase. EDX analisis show that thin film have content of Ti, Ni and Cu. Crystallized zise were calculated with *scherrer formula* shown that various crystallize size are 12-21 nm. According to transformation effectivity of titania *doped M* in peat swam water shown that catalytic activity 34,40 – 53,71 for the irradiation during 24 hours.

Key words : *dip-coating, titania thin film, doped*

PENDAHULUAN

Dewasa ini perkembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi sangatlah pesat, perhatian yang cukup besar tertuju pada perkembangan material yang berukuran nanometer. Material yang berukuran nanometer ini mampu bersifat optik, dapat berperan

sebagai katalis, bersifat semikonduktor dan digunakan sebagai sensor. Salah satu material yang sering menjadi bahan penelitian saat ini adalah senyawa titania (TiO_2). Pengembangan TiO_2 sebagai katalis dapat diaplikasikan di lingkungan seperti purifikasi, pengolahan air dan limbah. Diantara beberapa semikonduktor katalis yang paling cocok untuk aplikasi di lingkungan adalah TiO_2 karena stabil, inert secara biologi dan kimia, stabil terhadap korosi kimia dan relatif tidak mahal (Hoffman *et al.*, 1995).

Perkembangan selanjutnya TiO_2 yang digunakan tidak hanya senyawa murninya saja tetapi akhir - akhir ini telah banyak berkembang pesat penggunaan TiO_2 yang sudah dimodifikasi untuk meningkatkan sifat katalitiknya. Salah satu cara modifikasi permukaan TiO_2 yang marak digunakan adalah dengan penambahan unsur tertentu ke dalam molekul TiO_2 atau yang lebih dikenal dengan *doping* TiO_2 . Perkembangan modifikasi titania ini sudah dimulai dari tahun 1990-an dan sampai sekarang masih dicari beberapa unsur yang mampu meningkatkan sifat umum dari titania. Dengan adanya *doping* logam ini membantu kerja fotokatalis semikonduktor TiO_2 dimana proses penyerapan (adsorpsi) oksigen dan senyawa sasaran akan lebih mudah dilaksanakan. Dalam hal ini logam *doping* berperan untuk membantu penyerapan spesi reduktor dan oksidator dan media bagi transfer elektron dari dan ke fotokatalis semikonduktor (Baccuzzi *et al.*, 1996). Bagaimanapun juga mikrostruktur, luas area permukaan, distribusi ukuran partikel, porositi dan distribusi logam *doping* dapat mempengaruhi aktivitas katalitik (Wong *et al.*, 1995).

Diantaranya beberapa penelitian tentang *doping* titania seperti TiO_2 didoping dengan unsur La, Ni dan Cu dan kombinasi Cu-Ni dalam mengubah mikrostruktur atau ukuran partikel serta transformasi fasa titania dari anatase ke rutil (Nair *et al.*, 1998).

Laporan berikutnya oleh Zao *et al.* (1994) membuat lapisan tipis TiO₂ yang mengandung partikel palladium (Pd) melalui metoda sol gel. Sanches *et al.* (1994) juga melakukan penelitian yang hampir sama yaitu senyawa TiO₂ –*doped* platina (Pt) disintesis melalui metoda sol-gel dan uji aktivitas katalitiknya.

TiO₂ dengan doping ion Fe⁺³ yang dibuat secara sol- gel dan hidrotermal memiliki aktivitas fotokatalitik yang semakin kecil dengan penambahan ukuran partikel TiO₂ untuk dekomposisi CHCl₃ (Zhang *et al.*, 1998). Kobasa *et al.* (2004) membuat material semikonduktor yang mengandung TiO₂ yang ditambahkan Zn dimana terjadi peningkatan aktivitas katalitik TiO₂ untuk reduksi tembaga pada kondisi inert. Xin *et al.* (2005) yang melaporkan bahwa efek yang ditimbulkan oleh unsur perak (Ag) dengan variasi konsentrasi dan sifatnya sebagai fotokatalitik pada permukaan TiO₂. Pembuatan TiO₂- Ag yang dilakukan oleh peneliti menyebabkan aktivitas fotokatalitik meningkat. Berdasarkan hasil penelitian tersebut diatas telah menunjukkan bahwa dengan adanya penambahan unsur lain pada permukaan TiO₂ telah mengubah mikrostruktur dari TiO₂.

Telah banyak persiapan lapisan tipis yang mengandung logam *doping* pada molekul TiO₂ dan diaplikasikan pada sifat katalitiknya. Seperti lapisan tipis TiO₂ dalam struktur anatase sangat banyak digunakan sebagai fotokatalis untuk dekomposisi senyawa organik. Lapisan tipis ini (film) dibuat dengan berbagai metoda. *Dip- coating* adalah salah satu persiapan sol anatase dengan metoda sol-gel sangat banyak digunakan pada pembuatan lapisan tipis pada temperatur rendah. *Dip – coating* merupakan suatu proses pelapisan substrat dengan mencelupkan substrat pada larutan pelapis dan kemudian substrat diangkat dengan kecepatan tertentu.

Lapisan tipis TiO_2 yang di *doping* dengan logam tersebut diujikan aktivitas katalis dan efisiensi dalam fototransformasi asam humat. Asam humat adalah komponen penyebab air rawa gambut berwarna merah sampai kecoklatan, disamping komponen lain asam fulvat dan humin (Aiken *et al.*, 1985). Diantara langkah awal dalam penanganan terhadap tatanan air rawa gambut tersebut adalah dengan cara penjernihan melalui bantuan fotokatalis semikonduktor.

Perumusan Masalah

Dari penelitian yang telah diketahui sebelumnya bahwa logam Ni, Cu dan Zn belum pernah digunakan sebagai *doping* TiO_2 dengan metoda sol-gel yang dibuat dalam bentuk lapisan tipis. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui bagaimana pengaruh penambahan logam Ni, Cu dan Zn terhadap bentuk permukaan lapisan yang dibuat dengan metoda *dip-coating* dan bagaimana pengaruh logam *doping* terhadap mikrostruktur dari titania. Selanjutnya juga untuk mempelajari bagaimana sifat katalitik dari lapisan tipis yang dihasilkan tersebut dalam mendegradasi asam humat dalam air rawa gambut.

Tujuan dan Manfaat

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pembuatan lapisan tipis TiO_2 yang di *doping* dengan logam M (M = Zn, Cu dan Ni) pada substrat kaca dengan metoda celup *dip-coating* melalui proses sol – gel dan juga untuk mempelajari aktivitas fotokatalitik dari lapisan tipis dalam fototransformasi asam humat dalam air rawa gambut. Lapisan tipis TiO_2 dibuat dengan menggunakan titanium isopropoksida (TIP) sebagai sumber titanium, isopropanol sebagai pelarut serta dietanol amin (DEA) sebagai aditif.

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat dalam pengembangan metoda sintesis material anorganik serta aplikasinya dalam penjernihan air rawa gambut.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Kimia Anorganik dan Elektro Kimia/Fotokimia, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Andalas Padang, Pengukuran SEM-EDX dilakukan di PT.Shinetsu Magnetics Indonesia, Batam. Analisis XRD dilakukan di laboratorium Kimia Material Universitas Gifu Jepang. Penelitian ini dimulai pada bulan September 2005 sampai Februari 2006.

Peralatan yang digunakan dalam pembuatan larutan adalah magnetik stirrer, stirrer bar, peralatan gelas, oven, furnace (Muffle Gallenkamp), spektrofotometer UV-Vis (Secomam S1000PC), XRD (RAD-2R, Rigaku Co.Ltd.), SEM-EDX (Hitachi S-530) dan peralatan pelapisan (*dip-coater*). Substrat kaca berupa *microscope slide* dengan ketebalan 1 mm, panjang 75 mm dan lebar 12 mm.

Bahan yang digunakan adalah Titanium Isopropoksida atau TIP (Fluka), Isopropanol (Merk), dietano lamin atau DEA (Merk)), Zn Asetat dihidrat (Merk) ,Cu asetat (Wako) , Ni asetat tetra hidrat (Fisson), akuades, aseton, gas nitrogen dan sampel air rawa gambut yang diambil di daerah Arengka Pekanbaru Riau.

Prosedur penelitian

Pembersihan substrat

Sebelum dilakukan deposisi, substrat dibersihkan dengan prosedur sebagai berikut : Substrat dibersihkan dalam larutan deterjen untuk menghilangkan kotoran berupa debu,

minyak dan kotoran lain yang menempel kemudian dicuci dengan akuades sampai bersih keringkan sampai benar – benar kering, bilas dengan aseton dan keringkan kembali.

Pembuatan Larutan

Proses pembuatan larutan titania dilakukan dengan menambahkan pelarut isopropanol kedalam DEA sambil diaduk dengan stirrer, dilanjutkan dengan penambahan TIP dibawah aliran gas nitrogen kemudian diaduk, setelah itu ditambahkan Zn asetat dihidrat dengan variasi konsentrasi 1, 3, 5 mol % dan dilakukan pengadukan selama ± 4 jam pada suhu kamar. Perbandingan komposisi TIP dan DEA adalah 1 : 2 dengan konsentrasi TIP 0,5 M. Hal yang sama juga dilakukan pada saat penambahan Cu asetat dan Ni asetat dengan variasi logam *doping* yang sama. Untuk skema pembuatan larutan dapat dilihat pada lampiran 9.

Proses Pelapisan (*dip-coating*)

Untuk proses pelapisan dipergunakan seperangkat alat *coating* yang dapat bekerja pada kecepatan sekitar 20 cm / menit. Substrat direndam dalam larutan titania selama ± 20 detik. Lapisan yang telah melekat pada substrat diuapkan pelarutnya dengan pemanasan dalam oven pada suhu 100 –110 °C selama ± 15 menit. Untuk mendapatkan lapisan tipis TiO₂ maka substrat yang telah dilapisi dipanaskan pada suhu 500 °C selama 30 menit, setelah proses pemanasan ini, diperoleh lapisan tipis TiO₂. Pelapisan dilakukan berulang kali (5 kali) untuk mendapatkan ketebalan yang cukup dalam karakterisasi dan pengujian aktivitas katalis.

Untuk melihat derajat kristalisasi dari lapisan tipis yang terbentuk dimonitor dengan (XRD) menggunakan monokromator grafit radiasi Cu K α . SEM digunakan untuk mengamati tekstur dan topografi lapisan tipis dan EDX digunakan untuk mengetahui komponen yang dianalisis. Sedangkan permukaan dari lapisan tipis yang terbentuk diamati dengan menggunakan alat optis (Mikroskop Stereobinokuler) dengan pembesaran 400 kali.

Uji Aktifitas Fotokatalitik pada Air Rawa Gambut

Variasi konsentrasi pada substrat kaca TiO₂- M diuji aktivitas fotokatalitiknya terhadap 30 mL air rawa gambut. Substrat kaca TiO₂-M disinari dengan lampu uap raksa (λ 254 nm) dengan variasi lama penyinaran 0, 3, 6, 9, 12,15, 18, 21 dan 24 jam. Kemudian efek fotokatalis diamati dengan spektroskopi UV-Vis. Variasi komposisi larutan untuk pembuatan TiO₂ –M dapat dilihat pada tabel dibawah ini

HASIL DAN DISKUSI

Proses Pembentukan Lapisan Tipis TiO₂-M

Penggunaan teknik *dip-coating* dalam pembuatan lapisan tipis pada substrat kaca sudah dipercaya sebagai teknik yang paling murah. Dalam penelitian ini lapisan tipis titania yang *didoping* dengan logam Ni, Zn dan Cu pada substrat kaca telah berhasil dibuat melalui proses sol – gel. Proses pelapisan dilakukan sebanyak 5 kali pada setiap variasi konsentrasi (1 %, 3% dan 5 mol %) dari masing – masing logam yang kemudian dipanaskan pada suhu 500 °C.

Pengamatan visual dari lapisan yang dihasilkan adalah sangat transparan yang didukung dengan hasil spektrum UV-Vis pada λ 200 nm – 800 nm (lampiran 6). Dari

hasil foto optis dengan 400 kali pembesaran, masing- masing substrat kaca yang sudah dilapisi dapat dilihat bahwa lapisan yang dihasilkan adalah homogen yang dibuktikan dengan bentuk lapisan yang bagus dan rata seperti terlihat pada gambar 5 dibawah ini.



Gambar 1. Lapisan tipis $\text{TiO}_2\text{-Ni}$ (3 %) pada substrat kaca dengan 5 kali pelapisan

Gambar 1 memperlihatkan salah satu bentuk lapisan tipis dari $\text{TiO}_2\text{-Ni}$ (3%). Lapisan yang terbentuk sudah terlihat bagus. Foto optis untuk beberapa permukaan lapisan tipis $\text{TiO}_2\text{-M}$ lainnya. Bila dilihat secara keseluruhan lapisan tipis yang dihasilkan dengan proses sol-gel dengan menggunakan teknik pelapisan *dip-coating* ini sudah menghasilkan lapisan yang bagus, rata dan homogen serta transparan.

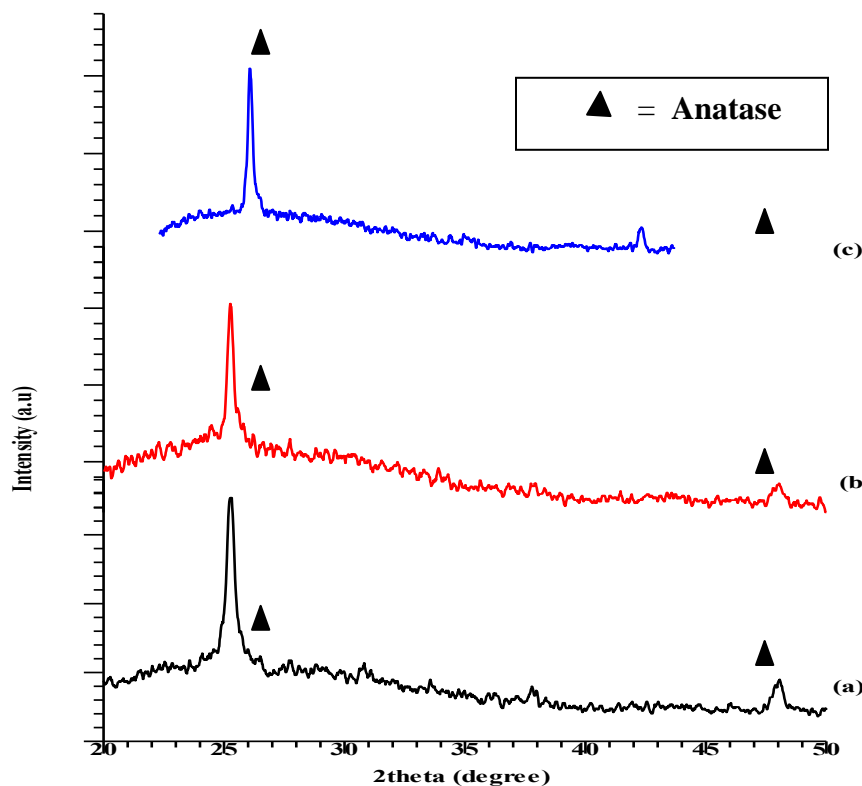
Kristalinitas $\text{TiO}_2\text{-M}$

Untuk melihat derajat kristalinitas dari produk lapisan tipis $\text{TiO}_2\text{-M}$ yang dihasilkan maka dilakukan pengukuran dengan menggunakan XRD. Analisis XRD yang dilakukan terhadap lapisan tipis dengan jumlah pelapisan sebanyak 5 kali dan dipanaskan pada suhu 500°C menunjukkan munculnya puncak-puncak kristalin. Secara teoritis TiO_2 mempunyai 3 bentuk kristal yang berbeda yaitu, anatase, rutilite dan brookite, dimana masing-masing kristal akan mempunyai 20 spesifik yang berbeda. Anatase mempunyai

2θ tertinggi $25,28^\circ$ (101) dan $48,04^\circ$ (200) serta rutil memiliki 2θ tertinggi $27,44^\circ$ (110) dan $39,18^\circ$ (200) (JCPDS card No. 12-1272 dan 29-1360).

Pola XRD dari TiO₂-Ni

Pada gambar 6 dapat dilihat bentuk pola XRD dari TiO₂-Ni yang dipanaskan pada suhu 500°C . Dari pola XRD memperlihatkan puncak 2θ pada $25,28^\circ$ dan $48,06^\circ$ untuk konsentrasi Ni 1 % (gambar a), puncak $25,26^\circ$ dan $48,04^\circ$ untuk Ni 3 % pada gambar (b) serta $25,26^\circ$ dan $48,04^\circ$ untuk logam *doping* dengan konsentrasi 5 % yang terlihat pada gambar (c). Dari ketiga puncak 2θ yang dihasilkan dapat disimpulkan bahwa struktur dari TiO₂-Ni adalah anatase yang sesuai dengan JCPDS card No. 12-1272 dan referensi jurnal



Gambar 2. Spektrum XRD dari TiO₂-Ni pada suhu 500°C dengan variasi logam Ni dimana a) 1 %. b). 3 %. c).5 % .

Dari gambar 2 jika diamati secara lebih rinci, terlihat perbedaan lebar dan tinggi dari 2 θ yang dihasilkan dimana masing-masing konsentrasi logam yang diberikan memperlihatkan intensitas yang berbeda beda. Intensitas $c > a > b$ yaitu 186, 177 dan 153. Perbedaan lebar dan tinggi masing-masing puncak yang dihasilkan dipengaruhi oleh ukuran kristal masing-masing material yang akan dibahas pada bagian ukuran kristal selanjutnya.

Selanjutnya pola XRD untuk logam doping Cu dan Zn didapatkan bentuk spectrum yang hamper sama dimana fasa kristalinitas masing masing produk berbentuk anatase.

Tabel 1. Puncak tertinggi dari spektrum XRD dan ukuran kristal masing-masing lapisan.

No.	TiO ₂ -M (%)	Sudut 2 θ tertinggi	Ukuran Kristal (nm)
1.	TiO ₂ -Ni (1 %)	25,28 ; 48,06	17
2.	TiO ₂ -Ni (3 %)	25,26 ; 48,04	19
3.	TiO ₂ -Ni (5 %)	25,26 ; 48,04	19
4.	TiO ₂ -Zn (1 %)	25,30 ; 48,08	17
5.	TiO ₂ -Zn (3 %)	25,30 ; 48,08	13
6.	TiO ₂ -Zn (5 %)	25,36 ; 48,08	21
7.	TiO ₂ -Cu (1 %)	25,32 ; 48,01	16
8.	TiO ₂ -Cu (3 %)	25,30 ; 48,06	12
9.	TiO ₂ -Cu (5 %)	25,32 ; 48,08	15

Ukuran Kristal TiO₂-M

Ukuran kristal dari masing – masing logam dapat dihitung dengan menggunakan persamaan *Scherrer*. Ukuran kristal diukur dengan prinsip pelebaran puncak difraksi dari spektrum XRD, yaitu dengan mengukur hasil kali lebar dengan setengah tinggi puncak

tertinggi atau disebut dengan *FWHM* (*full width at half maximum*). Apabila puncak yang terbentuk semakin sempit atau tajam maka ukuran kristal semakin besar (Violet *et al.*, 2004). Hasil perhitungan diperoleh ukuran kristal dengan data sbb :

Tabel 2. Ukuran kristal TiO₂-M berdasarkan *Scherrer Formula*

No.	TiO ₂ -M	FWHM	Ukuran kristal (nm)
1	TiO ₂ -Ni 1%	0,0084	17
2	TiO ₂ -Ni 3 %	0,0073	19
3	TiO ₂ -Ni 5%	0,0073	19
4	TiO ₂ - Zn 1 %	0,0084	17
5	TiO ₂ -Zn 3%	0,0107	13
6	TiO ₂ -Zn 5%	0,0059	21
7	TiO ₂ -Cu 1%	0,0087	16
8	TiO ₂ -Cu 3%	0,0122	12
9	TiO ₂ -Cu 5%	0.0094	15

Analisis SEM (Scanning Electron Microscopy)

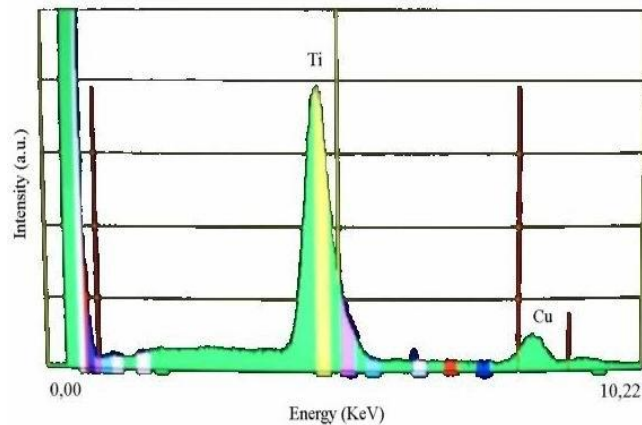
Hasil foto SEM lapisan tipis TiO₂-Ni secara *cross-section*. Dari gambar tersebut bagian yang berwarna hitam merupakan kaca dan bagian yang berwarna putih terang adalah tebal lapisan titania (seperti yang ditunjukkan oleh panah) sedangkan yang berwarna biru adalah permukaan lapisan titania yang menempel pada kaca, dimana ketebalan lapisan $\pm 0,2 \mu\text{m}$.



Gambar 2. Foto SEM (*cross -section*) dari lapisan tipis TiO₂-Ni yang dipanaskan pada suhu 500 °C

ANALISIS EDX

Dari analisis EDX memperlihatkan lapisan yang terbentuk mengandung Ti (0,7 KeV), Ni (8 KeV) dan Cu (7 KeV) serta tidak ditemukannya Zn. Spektrum EDX untuk lapisan TiO₂-Cu dapat dilihat pada gambar 3 dibawah ini.

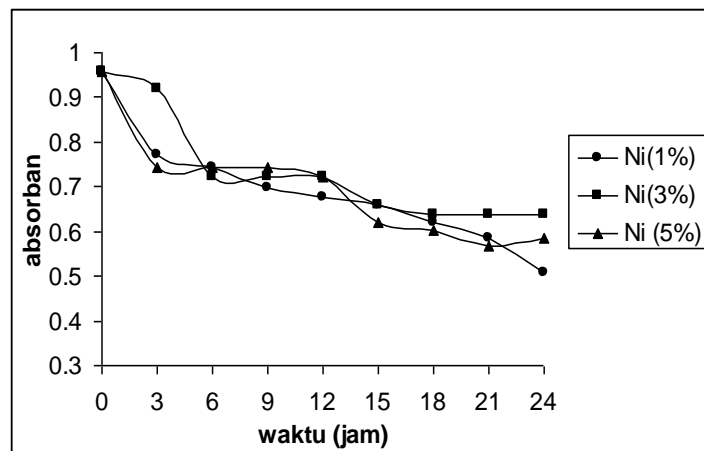


Gambar 3. Spektrum EDX dari TiO₂-Cu 3%

Pada spektrum EDX untuk lapisan $\text{TiO}_2\text{-Zn}$ memperlihatkan adanya puncak Ti dan tidak munculnya puncak Zn. Puncak Zn tidak muncul bisa jadi karena jumlah Zn berkurang karena titik lelehnya rendah yaitu sekitar $420\text{ }^\circ\text{C}$ sedangkan proses pemanasan lapisan tipis dilakukan pada suhu 500°C . Berkurangnya Zn karena sebagian teroksidasi membentuk ZnO. Dimana dengan adanya ZnO ini dalam molekul titania dapat meningkatkan sifat katalitik .

Uji Aktivitas Katalitik

Masing – masing lapisan diujikan sifat katalitiknya pada air rawa gambut dimana lapisan pada substrat kaca dicelupkan kedalam 30 mL air rawa gambut kemudian disinari dengan lampu uap raksa tekanan rendah λ 254 nm selama 24 jam.



Gambar 4. Irradiasi air rawa gambut pada lapisan tipis $\text{TiO}_2\text{-Ni}$ dengan variasi konsentrasi logam Ni

Pada grafik diatas dapat dilihat dengan penyinaran selama 24 jam menyebabkan serapan air rawa gambut semakin turun yang berarti tingkat penjernihan semakin tinggi. Dengan cara yang sama pada perlakuan masing-masing lapisan didapatkan aktivitas katalitik TiO₂-M berkisar antara 33,40 – 53,71 % dimana TiO₂-Zn memperlihatkan aktivitas katalitik tertinggi dibanding 2 logam *doping* lainnya. Hal ini disebabkan karena Zn dalam titania berubah menjadi ZnO yang memiliki aktivitas katalitik yang hampir sama dengan TiO₂. Sehingga terbentuknya ZnO pada titania sangat membantu dalam meningkatkan aktivitas katalitik dalam mendegradasi asam humat dalam air rawa gambut. Bila dibandingkan dengan penelitian terdahulu dimana aktivitas katalitik lapisan TiO₂ tanpa *doping* dengan 30 mL air rawa gambut dengan penyinaran dengan lampu uap raksa λ 254 nm selama 24 jam memperlihatkan persen penjernihan sebesar 25,19 %. Maka dapat disimpulkan dengan adanya logam *doping* pada permukaan TiO₂ mampu meningkatkan aktivitas katalitik yaitu 2 kali lebih tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Aiken, G.R. 1985. *An Introduction To Humic Substance In Solid, Sediment and Water*. Jhon Willey And Sons, New York
- Arief S, T. Terazawa, T. Ban, Y. Ohya and Y. Takahasi, 2000. *Dip Coating of Metal Films from Metal Acetate-Acetol Hydrazone System*, in *Ceramic Processing Science VI*, . pp. 329 – 334.
- Arif. S., 2001, Penggunaan Senyawa Hidrazon dan Turunannya untuk Modifikasi M Alkoksida (M= Ni, Ti dan Zn) dalam proses sol – gel, Fusii, Japan.
- Bocuzzi, F., A Chiorino., S. Tsubata., and M, Haruta. 1996. FTIR Study of Carbon Monoxidida Oxidation and Scrambling at Temperature Over Gold Supported and ZnO₂ and TiO₂. *J.Phys Chem*,**100**. .3625
- B.R.Sankapal, M.Ch.Lux-Steiner. 2004. Synthesis and Characterization of anatase- TiO₂ thin films. *App.Surface science*

- Elvers, B.,S., Hawkins, W. Russey,.1993. *Encyclopedia of Industrial Chamistry*, Grapscher Betrieb, Germany,
- Heins Sibum, Guther.V.,*et al* ,1996, *Ullmans Encyclopedia of Industrial Chemistry* , *Titania and Titanium* 5th ed, 27. Germany
- Hoffmann. M. R., S.T. Martin., W. Choi., D. W. Bahnemann,1995, Enviromental Application of Semiconductor Photocatalysis, *Chem, review* , : 69-96
- Jamarun. N, 2000, *Proses Sol -Gel* . FMIPA Universitas Andalas, Padang
- JCPDS-International Centre for Diffraction Data. 1997. V.1.30.12-1272
- JCPDS-International Centre for Diffraction Data. 1997. V.1.30.29-1360
- JCPDS-International Centre for Diffraction Data. 1997. V.1.30.34-0180
- Kobasa,I.M. 2004. Semi-Conductive Materials Based on the Titanium Dioxide Doped with Zinc : Catalytic Activity for Copper Deposition and Effect of UV-Irradition. *Polish.J.Chem.* **78** : 553 – 560
- Khophar. S. M 1990. *Konsep Dasar Kimia Analitik*. UI Press. Hal. 201-227.
- K. Freye. 1981. *Encyclopedia of Mineralogi*, Hutcinson Ross Publishing company, USA. Pp 132
- Linsebigler.A.L. , G.Lu., J.T. Yates, 1995, Photocatalysis On TiO₂ Surface; Principle, Machanisme, and Selected result, *Chem, review*, **95**, 735 – 758
- Nair. J.,P.Nair, F. Mizukami,Y. Oosawa, and T.Okubo. 1999. Microstructure and Phasa Transformation Behavior of *Doped Nanostructured titania*, *Material research Bulletin*, **34**,8
- Rapani, 2003. *Fototransformasi Induksi Air Rawa Gambut Melalui Bantuan Fotokatalis Lempeng Seng Oksida (ZnO)*. Tesis Magister sains PPS UNAND.Padang
- Schubert Ullrich., Husing, Nicole, 2000. *Synthesis of Inorganic material* Willey – VCH. Jerman. P. 63 – 108
- Sumila. R., 2004, *Modifikasi Zat Aditif pada Pembuatan SrTiO₃*. Skripsi Sarjana Kimia Unand. Padang

- Sanches E, T. Lopez, R. Gomez, Bokhini.m 1996. Synthesis and Characterization Of Sol – gel Pt/ TiO₂ Catalys. *J.of solid state Chem.*, **112** :.309-314
- Sanjaya H. 2005. *Pembuatan Lapisan Tipis Titania Pada Plat Kaca Dengan Metoda Celupan dan Uji fotokatalisnya pada air rawa Gambut*. Skripsi Sarjana Kimia . Unand. Padang
- Tripler, P.A. 1982. *Physic Second Edition*. World Publisher Michigan P : 316, 317, 687
- Ullmann`s. 1987. *Encyclopedia of industrial Chemistry*. Vol A 10 Chambrige. New York. USA. pp.3-6
- Violet,S., Muthukumar P., Gaikwad SPS.P. 2004 Synthesis of Mesoporous Rutile. *J.mater science lett* ,58, pp 2514 - 2516
- Wu., W Zhang,Z. Du and Y. Huang. 1999. Structure Transformation in Nanofhase Titanium Dioxide. *Mod,Phys. Lett.* **13** : 167-174
- World, A., 1993. Photocalaytic Properties of TiO₂. *Chem mater*, **5**, 280-283