

**KAJIAN AKTIVITAS KATALIS Ag/ZEOLIT-TiO₂ PADA DEGRADASI
FOTOKATALITIK FENOL MENGGUNAKAN LAMPU UV**

**THE STUDY OF ACTIVITY OF Ag/ZEOLITE-TiO₂ CATALYSTS ON PHOTOCATALYTIC
DEGRADATION OF PHENOL SOLUTION USING UV-LAMP**

Rodiansono^{*}, Sulfi Adam, Uripto Trisno Santoso

Program Studi Kimia FMIPA UNLAM

Jl. Unlam III Kampus Unlam Banjarbaru Kalimantan Selatan, Telp. +62-511-477 2428

Corresponding author: rodian_ch@yahoo.com

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang degradasi fotokatalitik fenol menggunakan fotokatalis zeolit-TiO₂ (Ze-Ti) dan Ag/Ze-Ti, hasil modifikasi dari zeolit alam aktif (ZAA) dengan TiO₂ teremban Ag. Preparasi katalis dilakukan dengan metode impregnasi basah yang dilanjutkan dengan kalsinasi pada suhu 500 °C selama 3 jam, dengan variasi Ag (% b/b) : 1; 1,5; 2; dan 2,5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa impregnasi TiO₂ dalam zeolit alam aktif dapat meningkatkan aktivitas fotokatalis TiO₂ dalam mendegradasi fenol. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa impregnasi Ag dapat meningkatkan aktivitas fotokatalis Ze-Ti dan mencapai optimum pada jumlah Ag teremban sebanyak 2 %.

Kata kunci : fotokatalis, degradasi, fenol, Zeolit, TiO₂.

ABSTRACT

The study of activity of Ag/zeolit-TiO₂ catalysts on photocatalytic degradation of phenol solution using UV-lamp was conducted. Photocatalysts were prepared by using impregnation method with zeolit:TiO₂ ratio 3:2, and the series of containing silver were 1; 1.5; 2; 2.5 % wt respectively. The catalysts were dried and calcined at temperature 500 °C for 3 hours, and characterized by X-ray diffraction. Photocatalytic activity tes was carried out on phenol solution in batch system using UV-lamp Phillips-Osram. The result of characterization showed that TiO₂ impregnated onto surface of zeolite as rutile and anatase phase. The presence of silver improved photocatalytic activity of Ag/zeolite-TiO₂, the best results being obtained with 2 %wt Ag/zeolite-TiO₂

Key words : Photocatalytic, phenol, degradation, Zeolite, TiO₂.

PENDAHULUAN

Fenol telah lama dikenal dan digunakan sebagai antiseptik, bahan pembuatan obat-obatan dan sebagai pestisida. Fenol dan derivat-derivatnya merupakan polutan yang sangat berbahaya di lingkungan karena bersifat racun dan sangat sulit didegradasi oleh organisme pengurai.

Telah banyak penelitian yang dilakukan untuk menanggulangi limbah fenol tersebut, baik dengan cara penggunaan koagulan, pembentukan sedimentasi, adsorpsi dan degradasi fotokatalitik (Renita dkk, 2004). Penanggulangan fenol dengan metode koagulasi dan sedimentasi masih kurang efektif, karena koagulan dan hasil sedimentasi harus diproses lebih lanjut, dan tidak menutup kemungkinan fenol dapat terlepas kembali. Metode yang cukup efektif saat ini adalah proses degradasi fotokatalitik, karena selain mudah dipisahkan, polutan fenol juga dapat terurai menjadi molekul-molekul yang lebih sederhana. Salah satu fotokatalis yang sering digunakan adalah TiO_2 , dengan energi *band gap* yang lebih rendah dibanding fotokatalis lain.

Penelitian tentang fotokatalis semakin pesat sejak publikasi Fujisima & Honda (1972), mengenai fotoelektrokatalitik pemecahan air pada elektroda lapisan tipis TiO_2 . Fotokatalis semikonduktor TiO_2 telah banyak diteliti untuk aplikasi dalam berbagai

permasalahan kontaminasi air. Telah banyak dilaporkan bahwa fotokatalisis menggunakan TiO_2 mampu mematikan mikroorganisme (Gibson, 1990), menghilangkan senyawa penyebab bau dan degradasi polutan organik (Ling & Chin, 2003). Fotokatalis TiO_2 mampu mendegradasi metilen biru dengan sinar matahari sebesar 99% dalam waktu 1 jam. Persentase tersebut termasuk kontribusi dari proses adsorpsi yang terjadi bersamaan dengan proses fotodegradasi oleh TiO_2 (Sumarta *et al*, 2002). Telah banyak dilaporkan bahwa fotokatalitik dengan menggunakan TiO_2 mampu mematikan mikroorganisme, menghilangkan senyawa penyebab bau, dan degradasi polutan organik (Gunlazuardi & Winarti, 2002). Berbagai metode telah dilakukan untuk meningkatkan aktivitas fotokatalis, antara lain dengan cara sintesis, penyisipan dopan dan penambahan sensitizer (Tjahjanto & Gunlazuardi, 2001).

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh modifikasi zeolit alam aktif (ZAA) dengan pengembangan fotokatalis TiO_2 , kemudian dilanjutkan dengan impregnasi logam Ag terhadap fotokatalis ZAA- TiO_2 (Ze-Ti), sehingga terbentuk fotokatalis Ag/Ze-Ti yang akan diuji aktivitasnya pada reaksi degradasi fenol dengan menggunakan sinar UV. Aktivitas fotokatalis di asumsikan

sebagai besarnya kemampuan fotokatalis dalam mendegradasi fenol.

METODOLOGI

Metode penelitian ini meliputi Preparasi Zeolit alam Aktif (ZAA) dengan menggunakan zeolit alam dari P.T Primazeolita Yogyakarta yang telah dihaluskan hingga lolos penyaringan 400 *mesh*, dilanjutkan dengan pembuatan sampel padat ZAA-TiO₂ (Ze-Ti) dengan menggunakan larutan TiCl₄. Larutan HCl 6M ditambahkan pada larutan TiCl₄ secara perlahan dengan perbandingan 4:1. Endapan yang terbentuk dilarutkan dengan 250 mL akuades, larutan tersebut didiamkan selama 8 jam yang akan digunakan sebagai larutan induk TiCl₄.

Pengembangan Ti dan Ag pada zeolit dilakukan dengan metode impregnasi basah, dengan perbandingan Ti : ZAA 2:3, yang dilanjutkan dengan kalsinasi pada temperatur 500°C. Ze-Ti yang dihasilkan digunakan untuk proses pembuatan sampel padat Ag/Ze-Ti dengan variasi % berat Ag dalam fotokatalis Ze-Ti sebesar 1; 1,5; 2 dan 2,5 % berat menggunakan larutan AgNO₃ sebagai larutan induk Ag,

Fotokatalis TiO₂, ZAA dan Ag/Ze-Ti dikarakterisasi dengan menggunakan XRD. Uji aktivitas fotokatalis dilakukan terhadap 25 mL larutan fenol 10 ppm dengan menggunakan 0,5 g masing-masing fotokatalis, kemudian diekspos

menggunakan lampu-UV selama 1 jam. Analisis hasil degradasi dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

• Karakterisasi XRD Fotokatalis

Hasil modifikasi TiO₂ terapan pada ZAA menunjukkan adanya peningkatan aktivitas degradasi fotokatalitik terhadap fenol, begitu juga pada impregnasi logam Ag pada fotokatalis Ze-Ti, aktivitas fotokatalis Ze-Ti meningkat hingga % berat Ag 2%. Hasil karakterisasi menggunakan XRD menunjukkan adanya gugus TiO₂ yang terimpregnasi pada ZAA berupa TiO₂ fase rutil dan anatase (**Gambar 1**).

Hasil karakterisasi pada Tabel 1 menunjukkan TiO₂ anatase terimpregnasi pada zeolit alam aktif pada daerah 2θ; 36,25° dan 41,47° dengan nilai d 2,48 dan 2,18. Nilai tersebut menunjukkan daerah identitas untuk TiO₂ anatase, sedangkan TiO₂ rutil yang terimpregnasi terlihat pada daerah 2θ; 54,56° dan 69,04° dengan nilai d 1,68 dan 1,36 Å, yang merupakan daerah identitas TiO₂ rutil. Jika ditinjau dari pengaruh proses kalsinasi kemungkinan adanya perubahan kristal dari TiO₂ bentuk anatase menjadi TiO₂ bentuk rutil dalam proses kalsinasi pada suhu 500 °C adalah sangat kecil, karena TiO₂ anatase akan berubah menjadi TiO₂ rutil hanya pada suhu di atas 700°C (Ollis & Elkabi, 1993).

Tabel 1 Perbandingan Hasil Karakterisasi Ze-Ti dengan TiO₂

	2θ (Ze-Ti) (°)	2θ (TiO ₂) (°)	d (Ze-Ti) (Å)	d (TiO ₂) (Å)
Anatase	36,25	37,87	2,47	2,37
	41,47	43,23	2,18	2,09
Rutil	54,56	53,97	1,68	1,69
	69,04	68,85	1,36	1,40

Berdasarkan hasil karakterisasi Ag/Zr-Ti menunjukkan bahwa, jumlah Ag yang diembankan tidak mempengaruhi kristalinitas fotokatalis Ag/Zr-Ti, namun jika dibandingkan dengan fotokatalis Ze-Ti adanya logam Ag sedikit meningkatkan kristalinitas fotokatalis Ag/Zr-Ti yang terbentuk. **Gambar 2** menunjukkan % berat Ag yang diembankan sebesar 1; 1,5; 2; dan 2,5 % pada Ze-Ti ternyata memiliki bentuk puncak yang tidak jauh berbeda setelah dikarakterisasi menggunakan sinar-X. Dalam proses impregnasi basah, sangatlah sulit untuk mengontrol masuknya logam ke sistem padatan pengemban, sehingga mungkin saja sistem logam terembankan memiliki keteraturan yang rendah atau tinggi, mampu mencapai permukaan dalam atau luar dari pengemban.

AKTIVITAS FOTOKATALIS

Aktivitas fotokatalitik Ag/Zr-Ti semakin meningkat hingga pengembanan Ag sebesar 2%. Sedangkan pengaruh impregnasi TiO₂ pada ZAA mampu meningkatkan aktivitas fotokatalis Ze-Ti hingga 12,25% jika dibandingkan dengan proses

fotokatalitik menggunakan TiO₂ saja. Besarnya aktivitas fotokatalis dalam mendegradasi fenol ditunjukkan pada **Gambar 3**, fotokatalis yang memperlihatkan aktivitas paling tinggi adalah pada penambahan Ag 2%, namun pada fotokatalis dengan Ag 2,5% terjadi sedikit penurunan. Besarnya aktivitas fotokatalis Ze-Ti pada penambahan Ag 2% adalah sekitar 79,5% atau mampu mengurangi kadar fenol hingga 7,95 ppm dari konsentrasi fenol awal sebesar 10 ppm. Secara berurutan kemampuan aktivitas fotokatalis adalah sebagai berikut ; TiO₂<Ze-Ti<Ag/Zr-Ti(1%)<g/Zr-Ti(1,5%)<Ag/Zr-Ti(2,5%)<Ag/Zr-Ti(2%).

Peningkatan aktivitas fotokatalitik ini dapat dijelaskan dengan fenomena peningkatan kecepatan transfer muatan pada elektron yang terbentuk ketika dikenai radiasi menuju partikel logam teremban, sehingga menurunkan jumlah rekombinasi elektron-hole permukaan maupun rekombinasi volume. Selain itu penambahan logam juga meningkatkan efisiensi pemisahan muatan yang mengakibatkan munculnya efek elektrofotokatalis. Ada 2 mekanisme

yang dapat menjelaskan lebih lanjut proses yang terjadi pada suatu fotokatalis TiO₂. Pertama adalah pada Ze-Ti tidak mengemban Ag, elektron dan *hole* yang terbentuk selama proses radiasi berlangsung bergerak bebas sebagian mengalami rekombinasi pada *bulk*, sebagian bereaksi dengan substrat. Kedua, pada fotokatalis Ag/Ze-Ti, elektron yang diproduksi selama proses fotokatalitik dengan cepat ditransfer ke partikel Ag, dan *hole* yang terbentuk tertinggal di *bulk* TiO₂ sehingga terjadi pemisahan yang efektif (Anpo & Takeuchi, 2003).

KESIMPULAN

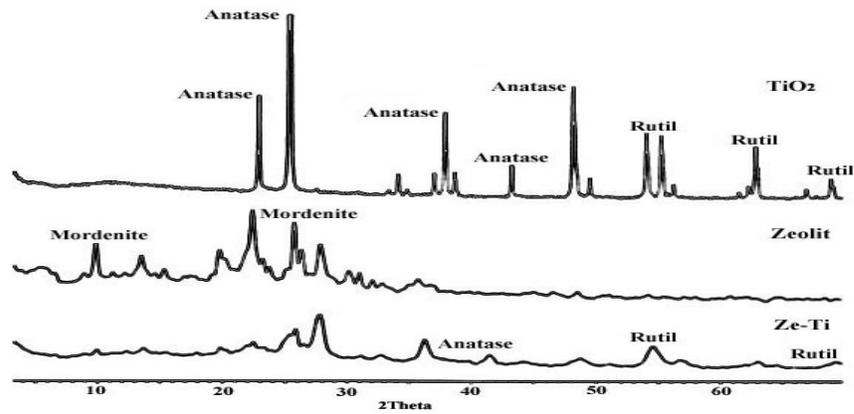
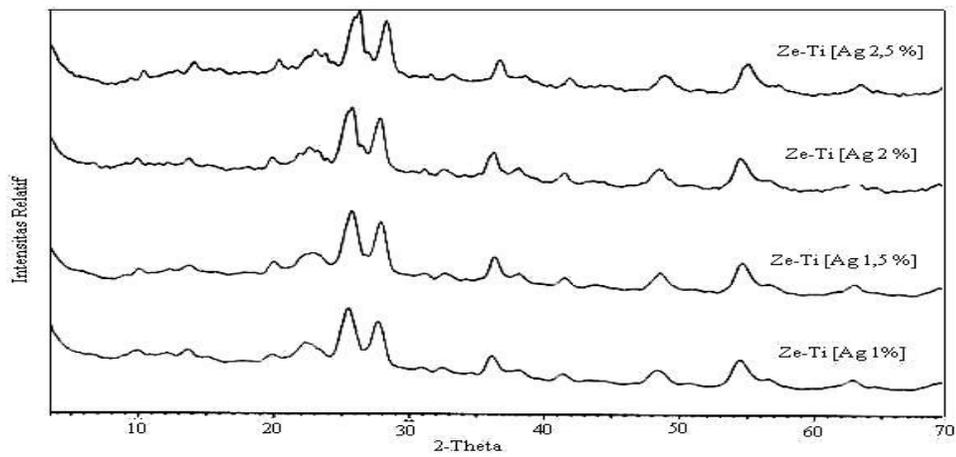
Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Impregnasi TiO₂ pada zeolit alam aktif mampu meningkatkan aktivitas fotokatalis Ze-Ti hingga 12,25 % pada reaksi degradasi fotokatalitik fenol.
2. Impregnasi Ag dapat meningkatkan aktivitas fotokatalis Ze-Ti hingga jumlah Ag teremban 2 % dalam reaksi degradasi fotokatalitik fenol.

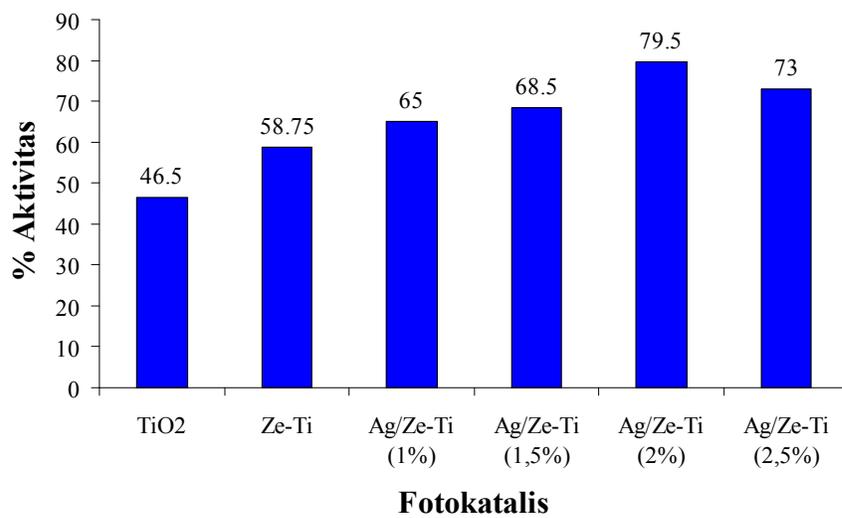
DAFTAR PUSTAKA

- Anpo, M. & M. Takeuchi. 2003. The Design Development of Highly Reactive Titanium Oxide Photocatalysts Operating Under Visible Light Irradiation. *Journal of Catalysis*. 216: 517
- Bayliss, P., Leonar, B.G., Mary, M. E., & Deane, S.K. 1980. *Mineral Powder Diffraction File*. JCPDS, Pennsylvania, USA
- Fujisima, A., & K. Honda, 1972, *Electrochemical Photolysis of Water at a Semiconductor Electrode*, *Nature*, 238, 37-38
- Fujisima A., & Honda, K., 1972. Electrochemical Photolysis of Water at a Semiconductor Electrode, *Nature*, 238: 37-38
- Gunlazuardi, J., & Winarti, A. 2002. *Evaluasi Deklorinasi dan Pemecahan Cincin Aromatis Selama Degradasi Pentaklorofenol Secara Fotokatalitik Pada Permukaan Lapisan Tipis Titanium Dioksida*. Department of Chemistry, University of Indonesia. Depok
- Gibson, T.D. 1990. *Microbial Transformation of Aromatic Pollutant Proceeding International of Microbiology*, Pergamon Press, NY.
- Ling, C.M. & S. Chin. 2003. *Fotopenurunan Bahan Pencemaran Organik di dalam Air dengan Menggunakan Mangkin TiO₂ Tersekat Gerak : Sintesis, Pencirian dan Kaman Aktiviti*. Tesis. Submitted in fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science, Malaysia University.
- Ollis, D.F., & Al-Elkabi (editor). 1993. *Photocatalytic Purification and Treatment of Water and Air*. Elsevier, Amsterdam.
- Sumarta, I Kadek, K. Wijaya, dan I. Tahir. 2002. Fotodegradasi Metilen Biru Menggunakan Katalis TiO₂-Monmorilonit dan Sinar UV. *Seminar Nasional Kimia*. Jurusan Kimia, UGM, Yogyakarta.
- Renita, M., Hasibuan, R., & Irvan. 2004. *Perombakan Zat Warna Azo Reaktif Secara Anaerob – Aerob*. Universitas Sumatera Utara. Sumatera Utara.
- Rao, V. K. S., B. Lavedrine, & P. Boule. 2003. Influence of Metallic Species on TiO₂ for The Photocatalytic Degradation of Dyes and Dye Intermediates. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry* hal 154
- Tjahjanto, R.T., & J. Gunlazuardi. 2001. Preparasi Lapisan Tipis TiO₂ sebagai Fotokatalis: Keterkaitan antara Ketebalan dan Aktivitas Fotokatalitik. *Makara*, Jurnal Penelitian Universitas Indonesia Vol. 5 (2)

Annex

Gambar. 1 Difraktogram TiO_2 , Zeolit dan Ze-Ti

Gambar. 2 Difraktogram Ag/Ze-Ti



Gambar 3. Aktivitas masing-masing fotokatalis terhadap degradasi fenol