

Pemanfaatan Fotokatalis Semikonduktor Seng Oksida (ZnO) dan Sinar Matahari untuk Mendestruksi Komponen Humat Air Rawa Gambut.

The Utilization of ZnO Semiconductor Photocatalyst and Sunlight To Destroy the Components of Water Humic Substances

Abstract

Semiconductor Photocatalysts like TiO_2 , ZnO, CdS and ZnS can act as sensitizer in Photodestruction of a range of contaminants. This experiment was conducted to study the effect of ZnO semiconductor photocatalyst on water humic substances destruction. Result of the experiment showed that illumination of mixture of 25 ml of water humic substances and 100 mg of ZnO powder in 105 minutes with sunlight as energy source of the photocatalyst, gave 84,21% of destruction. Half time, rate constant and quantum yield of the process were respectively 111,39 minutes, $1,06 \cdot 10^{-3} \text{ minutes}^{-1}$ and $0,727 \text{ molecul photon}^{-1}$.

PENDAHULUAN

Air bersih bagi beberapa daerah di Sumatera Barat sepertinya menjadi suatu barang langka. Beberapa teknik konvensional seperti penyaringan dan pemberian tawas telah dicobakan dan pada tingkatan tertentu dapat dikatakan mampu menjernihkan air. Meski demikian, untuk disebut jernih dan bebas kuman, teknik-teknik itu belum dapat diharapkan secara maksimal.

Berdasarkan permasalahan diatas dan dengan telah dikembangkannya metode destruksi yang ampuh dari fotokatalis semikonduktor, maka suatu penelitian yang menghubungkan kedua fenomena tersebut perlu dilakukan. Wong dan kawan-kawan (1995) merumuskan 5 keunggulan utama metode ini antara lain

relatif murah dan dapat dipakai ulang, umumnya fotokatalis semikonduktor non toksik, waktu hidup fotokatalis semikonduktor relatif lama, teknik penggunaannya dapat disederhanakan dan matahari dapat dipakai sebagai sumber radiasi yang murah meriah. TiO_2 telah dipandang sebagai pilihan terbaik dari semua jenis semikonduktor. Namun demikian ZnO dapat dianggap sebagai alternatif pengganti TiO_2 , karena disamping daya kerjanya yang tidak jauh beda, juga harganya relatif lebih murah dibanding TiO_2 . Kelemahannya hanyalah mudah mengalami deaktivasi pada medium ber pH tinggi. Ini tentu bisa diatasi dengan mengendalikan kondisi reaksi secara teliti.

Pada penelitian ini dipelajari kemampuan fotokatalis semikonduktor ZnO didalam mendestruksi komponen humat air rawa gambut dari Gunung Pangilun Kodya Padang. Sebagaimana pendapat Tan (1991), warna coklat kehitaman dari air rawa gambut disebabkan oleh terlarutnya senyawa-senyawa humat tanah dalam air tersebut. Senyawa-senyawa humat itu terdiri dari humin yang tidak larut dalam air pada semua pH, asam humat yang larut dalam air pada pH diatas 2 dan asam fulvat yang larut dalam air pada semua pH. Sebagai sumber radiasinya dipilih matahari dengan alasan mudah dan murah.

TUJUAN PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki sampai seberapa persen air gambut dari Gunung Pangilun Kodya Padang dapat dijernihkan dengan metode fotokatalisis semikonduktor ZnO dibawah radiasi sinar matahari. Selanjutnya menyelidiki efisiensi sinar matahari melalui pengukuran rendemen kuantum proses fotokatalisis tersebut.

MATERI DAN METODE PENELITIAN

Materi Penelitian

Sampel berupa air gambut untuk penelitian ini diambil di daerah Gunung Pangilun Kodya Padang.. Fotokatalis semikonduktor ZnO disiapkan dalam bentuk bubuk. Disamping itu untuk mengecek pH air gambut, digunakan pH universal.

Berbagai peralatan gelas yang dibutuhkan untuk penelitian ini adalah 8 buah cawan petri diameter 10 cm, gelas ukur, pipet tetes, kuvet spektro, 8 buah tabung reaksi. Disamping itu juga dibutuhkan kertas saring Whatman diameter 10 cm, meja penyinaran yang dibuat dari mika dan instrumen berupa Spectrometer 20 B & L dan neraca listrik.

Metode Penelitian

Untuk menentukan pada konsentrasi berapa ZnO efektif mengkatalisis proses fotodestruksi air gambut, dilakukan variasi penambahan ZnO (dalam mg) terhadap penyinaran 25 ml air gambut tersebut. Efektifitas dan efisiensi fotokatalis semikonduktor ZnO terhadap destruksi air gambut Gunung Pangilun dilakukan dengan menggunakan kondisi optimum yang diperoleh sebelumnya, yaitu 25 ml air gambut ditambah 100 mg ZnO, disinari selama 105 menit dengan matahari lalu diukur perubahan serapan pada panjang gelombang maksimumnya. gambut tersebut langsung disinari dalam waktu yang sama tanpa penambahan ZnO. Persentase destruksi ditentukan dengan rumus

$$\% \text{ detruksi} = \frac{\text{serapan awal } (A_0) - \text{serapan akhir } (A_t)}{\text{serapan awal } (A_0)} \times 100 \%$$

Uji kinetika terhadap proses fotodestruksi ini dilakukan dengan membuat variasi waktu penyinaran terhadap campuran 25 ml air gambut dengan 100 mg ZnO yang disinari dengan matahari.. Perhitungan dilakukan dengan melibatkan

persamaan regresi $Y = A + BX$ dengan Y mewakili rasio A_t/A_0 dan X mewakili waktu penyinaran. Untuk menentukan konstanta laju reaksi dipakai metode uji coba dengan menggunakan 2 persamaan orde reaksi yaitu orde satu dan dua. Persamaan ini dicobakan ke data, yang memberikan nilai k yang konstan atau tidak berbeda nyata berarti memenuhi persyaratan orde reaksi bersangkutan.

Sementara untuk menentukan rendemen kuantum digunakan rumus

$$\phi = \frac{(A_0 - A_t)/A_0 \cdot N \cdot C}{I_0 \cdot t \cdot (1 - 10^{-D})}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Serapan maksimum air gambut Gunung Pangilun terdapat pada panjang gelombang 340 nm sebagaimana yang tercantum dalam table 1. Nilai ini dipakai untuk pengukuran selanjutnya.

Tabel 1. Serapan air gambut pada berbagai panjang gelombang (λ)

λ	A (serapan)	λ	A (serapan)
330	0,64	520	0,14
340	0,68	540	0,11
360	0,66	560	0,10
380	0,55	580	0,09
400	0,49	600	0,08
420	0,34	620	0,07
440	0,28	640	0,07
460	0,23	660	0,10
480	0,19	680	0,14
500	0,17	700	0,22

Pada penentuan konsentrasi efektif seperti yang tertera pada Tabel 2, Gambar 1 didapatkan fakta bahwa jumlah penambahan bubuk fotokatalis semikonduktor ZnO yang paling efektif untuk mengkatalisis proses destruksi komponen humat yang terdapat dalam 25 ml air gambut Gunung Pangilun di

bawah penyinaran dengan sinar matahari selama 122 menit adalah 100 mg atau pada konsentrasi 4 mg ZnO/ml air gambut.

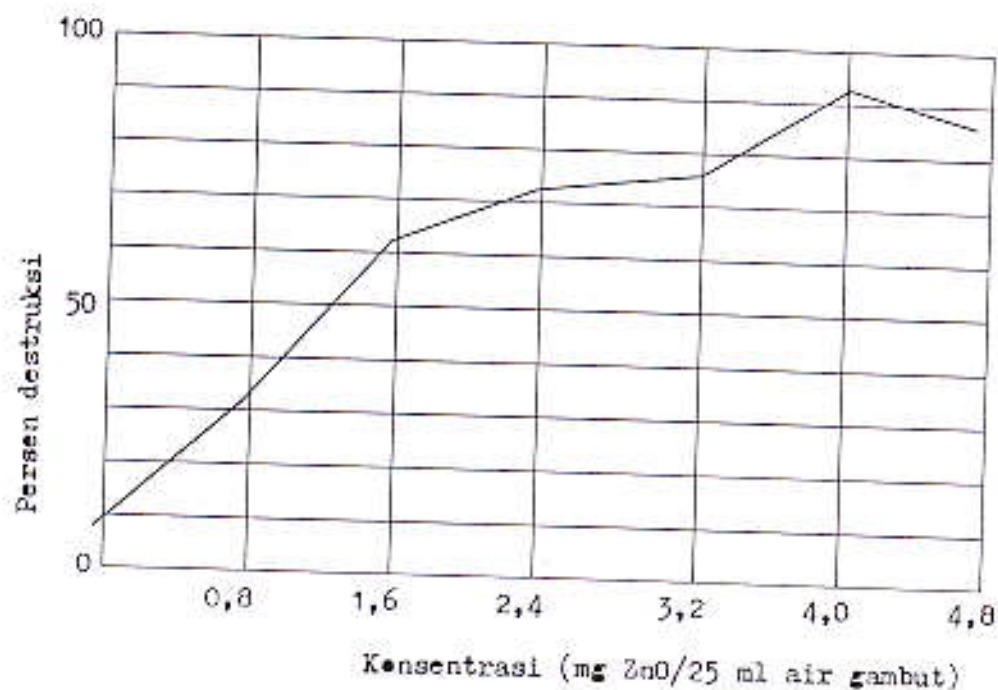
Tabel 2. Perubahan serapan air gambut yang disinari dengan cahaya matahari pada variasi penambahan ZnO

No	mg ZnO	Konsentrasi (mg/ml)	Ao	At	% Destruksi
1	0	0,0	0,60	0,55	08,33
2	20	0,8	0,60	0,41	31,67
3	40	1,6	0,60	0,24	60,00
4	60	2,4	0,60	0,18	70,00
5	80	3,2	0,60	0,14	76,67
6	100	4,0	0,60	0,06	90,00
7	120	4,8	0,60	0,09	85,00
8	140	5,6	0,60	0,11	81,67

Keterangan :

- Penyinaran berlangsung dari 09.28-11.30 WIB pagi
- Kondisi pH sebelum penyinaran 6 dan sesudah penyinaran adalah 7
- Kondisi cuaca cerah dengan sedikit awan
- Pengukuran serapan dilakukan dengan Spektrometer Spectronic 20 B & L

Langmuir dan Hinshelwood (Hoffman, 1995) memberikan batasan bahwa untuk katalis heterogen, laju destruksi substrat sangat bergantung kepada jumlah substrat yang teradsorpsi pada permukaan fotokatalis tersebut. Ini menjelaskan kenapa dibawah konsentrasi 4 mg ZnO/ml air gambut terjadi peningkatan kinerja ZnO. Dengan meningkatnya jumlah ZnO, makin banyak pula tersedia permukaan yang siap mengkatalisis substrat (dalam hal ini komponen humat air gambut) sampai pada suatu batasan dimana perbandingan jumlah permukaan katalis dengan jumlah substrat sudah seimbang. Lewat kondisi demikian maka terjadi kejenuhan dimana dengan penambahan katalispun kinerja tidak lagi meningkat (jumlah substrat lebih sedikit dari jumlah katalis).



Gambar 1. Kurva penentuan konsentrasi efektif yang menunjukkan bahwa pada konsentrasi 4 mg ZnO/ml air gambut diperoleh nilai yang maksimum dan setelah itu cenderung stabil.

Selanjutnya data dari penentuan konsentrasi efektif tersebut digunakan untuk menguji aktifitas fotokatalis semikonduktor ZnO dalam destruksi air gambut Gunung Pangilon (Tabel 3). Dari kenyataan tersebut dapat kita amati bahwa kinerja fotokatalis semikonduktor ZnO dapat mempertinggi proses fotoreduksi air gambut sebesar 68,42 % destruksi perlakuan 1 dikurangi perlakuan 3). Ini memberikan indikasi nyata bahwa Fotokatalis semikonduktor ZnO memberikan efek yang nyata terhadap destruksi komponen humat air gambut Gunung Pangilon.

Diamati juga bahwa tanpa adanya cahaya, fotokatalis semikonduktor ZnO tetap dapat bekerja meskipun sangat lemah (perlakuan 2). Sebagai alasan dapat dikutip penjelasan Sharpe (1992) yang menyatakan bahwa kenaikan suhu, disamping pemberian foton, dapat pula berperan dalam kinerja fotokatalis semikonduktor

Tabel 3. Tiga perlakuan terhadap campuran air gambut dan ZnO yang disinari dengan cahaya matahari yang memberikan hasil berbeda.

No	Perlakuan	Ao	At	% destruksi
1	AG + ZnO + cahaya matahari	0,38	0,06	84,21
2	AG + ZnO (gelap)	0,38	0,35	07,89
3	AG + cahaya matahari	0,38	0,32	15,79

eterangan :

- AG = 25 ml air gambut Gunung Pangilon
- ZnO = 100 mg bubuk ZnO
- Gelap = tanpa penyinaran (disimpan dalam kotak)
- Penyinaran dilakukan dari pukul 11.15 sampai 13.00 WIB

Selanjutnya pada uji kinetika didapatkan hasil-hasil seperti tertera pada tabel 4. Dari hasil perhitungan yang menggunakan persamaan regresi $Y = A + BX$ dengan Y mewakili A_t/A_o dan X mewakili waktu, didapatkan persamaan $Y = 0,867 - 0,0033 X$ dengan nilai X pada $Y = 0,5$ sebesar 111,39 menit. Jadi waktu paruh adalah 111,39 menit.

Tabel 4. Uji kinetika dimana variasi waktu penyinaran memberikan rasio A_t/A_o yang berbeda untuk menentukan waktu paruh, $t_{1/2}$ dan konstanta laju, k.

No	Waktu (menit)	Ao	At	A_t/A_o	$A_o - A_t/t$ (Kondisi 0)	$\ln \frac{A_t/A_o}{1}$ (Kondisi 1)
1	0	0,44	0,44	1,00		
2	60	0,44	0,24	0,55	$3,33 \cdot 10^{-3}$	$9,96 \cdot 10^{-3}$
3	120	0,44	0,17	0,39	$2,25 \cdot 10^{-3}$	$7,85 \cdot 10^{-3}$
4	180	0,44	0,06	0,14	$2,11 \cdot 10^{-3}$	$10,92 \cdot 10^{-3}$
5	240	0,44	0,03	0,07	$1,71 \cdot 10^{-3}$	$11,08 \cdot 10^{-3}$
6	300	0,44	0,01	0,02	$1,20 \cdot 10^{-3}$	$13,04 \cdot 10^{-3}$
Rata-rata					$2,12 \cdot 10^{-3}$	$10,57 \cdot 10^{-3}$

Keterangan :

- Penyinaran dari pukul 8.30-17.15 WIB
- PH air gambut sebelum disinari 6 dan setelahnya 7
- Kondisi cuaca cerah berawan

Sementara itu pada penentuan konstanta laju, dengan sistem coba-coba dari dua persamaan laju reaksi oleh Bird (1987), didapatkan pula bahwa reaksi fotodestruksi ini mengikuti kinetika orde 1 dengan nilai konstanta laju sebesar $1,06 \times 10^{-2}$ menit⁻¹. Rendemen kuantum untuk melihat sampai sejauh mana efisiensi sinar matahari adalah 0,727 molekul/foton yang diperoleh dari

$$\phi = \frac{0,38 - 0,06/0,38 \times 6,02 \times 10^{23}}{7,8336 \cdot 10^{15} \text{ foton}^{-1} \text{ ml}^{-1} \text{ dt}^{-1} \times 4500 \text{ dt} \times (1 - 10^{-0,565})}$$

KESIMPULAN

Dari hasil yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa fotokatalis semikonduktor ZnO dapat digunakan untuk membantu proses penjernihan air rawa gambut Gunung Pangilun dengan tingkat destruksi terhadap 25 ml air gambut tersebut yang dicampur dengan 100 mg ZnO mencapai 84,21 % selama 105 menit penyinaran dengan cahaya matahari. Waktu paruh, konstanta laju dan rendemen kuantum untuk proses ini berturut-turut adalah 111,39 menit, $1,06 \cdot 10^{-2}$ menit⁻¹ dan 0,727 molekul/foton.

DAFTAR PUSTAKA

- Bird, T., 1993. *Kimia Fisik untuk Universitas*, Jakarta, Hal. 226
- Hoffman, M.R., S.T. Martin, W.Choi, D.W.Bahneman. (1995). Environmental Application of Semiconductor Photocatalysts. *Chem. Review*, 95, 1:71-74, 77
- Nogueira, R.F., W.J. Jardim, (1993), Photodegradation of Methylene Blue Using Solar Light and Semiconductor TiO₂. *J. Phys. Education*, 70, 10 : 861.
- Sharpe, G. 1992. *Inorganic Chemistry*, Third Edition, John Willey and Sons, New York, p. 23.
- Tan, K.H., *Dasar-dasar Kimia Tanah* (terj.). Gajah Mada University press, hal. 55-59
- Wong, C.S., A. Linsebigler, G. Lu, J. Fan and J.T. Yates (1995). Photooxidation of CH₃Cl on TiO₂ (110) Single Crystal and Powdered TiO₂ Surfaces. *J. Phys. Chem.* 99,1 : 335