

EFEKTIVITAS FOTOREDUKSI ION Cu(II) TERKATALISIS TiO₂ DALAM LIMBAH CAIR INDUSTRI KERAJINAN PERAK DI DESA UNGGGA KEC. PRAYA LOMBOK TENGAH

Husnul Hatimah

Dosen Program Studi Pendidikan Kimia FPMIPA IKIP Mataram

E-mail: husnulhatimah@gmail.com

Abstract. This research has been done to study the effect of addition of TiO₂ photocatalyst in liquid waste of silver industry in Ungga Village, Kec. Praya Kab. Central Lombok on the effectiveness of photoreduction of Cu (II) ions which are catalyzed by TiO₂. The photoreduction process is carried out by irradiating liquid waste containing Cu (II) ions without or with the addition of TiO₂ photocatalyst powder in a closed reactor equipped with UV lamps. The photoreduction process conditions are 50 mL of silver waste containing Cu (II) with reaction time for 24 hours and a mass of TiO₂ 20 mg at each 10 ppm Cu (II) ion concentration. The photoreduction results are determined by the difference in the concentration of the starting Cu (II) ions with the residual Cu (II) ion concentration in the silver craft waste without or with the addition of TiO₂ photocatalyst. Furthermore, the data obtained were compared to the results of photoreduction of Cu (II) ions pure TiO₂ laboratory scale. The amount of metal in the mixture was determined by Atomic Absorption Spectrophotometric Method (AAS). The results showed that in silver handicraft waste containing Cu (II) ions, the addition of TiO₂ can increase the effectiveness of the Cu (II) ion photoreduction from 6.57% to 33.38%, which begins with the adsorption process. The other ions cause inter-reduction competition metals so as to decrease the effectiveness of TiO₂ catalysed Ti (II) ionic ferrication in silver handicrafts waste in Ungga Village Kec. Praya Kab. central Lombok

Keywords : Cu(II), Ag(I), Photoreduction of silver waste, TiO₂

PENDAHULUAN

Kerajinan perak merupakan salah satu bidang usaha yang ditekuni oleh masyarakat di Desa Ungga Kec. Praya Lombok Tengah. Selain menghasilkan perhiasan-perhiasan indah berbahan baku perak, usaha ini juga memproduksi limbah dari proses pengolahan perak tersebut yaitu dari tahap penyepuhan, pelapisan (elektroplating), tahap pembilasan untuk menghilangkan kotoan-kotoran yang menempel pada logam perak sehingga menjadi satu barang. Salahsatunya adalah limbah cair yang mengandung salah satu logam yaitu tembaga (Cu).

Pada konsentrasi relatif tinggi, ion Cu yang dapat membahayakan kesehatan manusia, karena mengganggu fungsi ginjal, kerusakan otak, dan pengendapan Cu pada kornea mata (Manahan, 2003). Limbah cair industri perak tidak hanya mengandung ion logam Cu saja, tetapi juga dapat bersama-sama dengan logam lain seperti ion Ag(I), Hg(I) dan Cr(VI). Logam-logam tersebut juga merupakan logam berbahaya dan toksik karena dapat merusak paru-paru, hati, ginjal, sistem syaraf pusat otak dan bisa menyebabkan penyakit kanker.

Hal tersebut mendorong dilakukan berbagai pengembangan metode penanganan air limbah dalam upaya untuk menghilangkan atau mengurangi konsentrasi ion Cu(II) tersebut.

Metode kimia yang baru-baru ini menarik perhatian adalah fotoreduksi terkatalisis. Penanganan limbah ion Cu(II) dengan cara fotoreduksi terkatalisis adalah reaksi reduksi ion Cu(II) menggunakan bantuan cahaya ultraviolet dan dipercepat dengan bantuan fotokatalis semikonduktor seperti TiO₂.

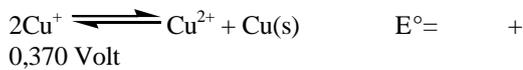
Tembaga Cu(II)

Tembaga (Cu) memiliki nomor atom 29 dengan konfigurasi elektron 1s² 2s² 2p⁶ 3s² 3p⁶ 3d¹⁰ 4s¹, yang menempatkannya pada golongan transisi IB dan periode ke-4 dalam tabel periodik. Cu mempunyai 2 bilangan oksidasi yaitu +2 dan +1 (Cotton dan Walkinson 1989). Di lingkungan perairan, ion Cu²⁺ lebih banyak ditemukan karena lebih stabil dibandingkan dengan ion Cu⁺. Ion Cu²⁺ dapat mengalami reduksi dengan adanya arus listrik menjadi ion Cu⁺ atau Cu⁰, tergantung

dari nilai potensial reduksinya. Reaksi reduksi Cu(II) dan potensial reduksinya dapat dituliskan sebagai berikut (Vogel, 1990):



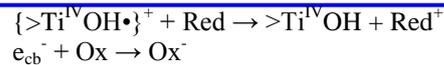
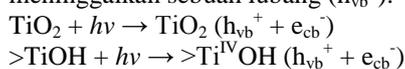
Di perairan yang kandungan oksigennya rendah dapat menyebabkan ion Cu^{2+} tereduksi menjadi ion Cu^+ . Namun ion Cu(I) dalam perairan sangat tidak stabil dan cepat berubah kembali menjadi Cu(II), Ion Cu(II) lebih mudah tereduksi menjadi Cu(0) karena harga potensial reduksinya lebih besar dibandingkan dengan harga potensial reduksi ion Cu(II) menjadi ion Cu(I).



Di antara spesies Cu(II) tersebut, ion Cu^{2+} merupakan ion yang paling mudah tereduksi daripada spesies-spesies yang lain. Ion-ion $\text{Cu}_2(\text{OH})_2^{2+}$, CuOH^+ sulit tereduksi karena adanya pembentukan kompleks atom pusat Cu dengan ligan hidroksida, yang dapat menghalangi interaksi antara elektron dengan ion Cu^{2+} . Sementara itu, spesies ion $\text{Cu}(\text{OH})_3^-$ dan ion $\text{Cu}(\text{OH})_4^{2-}$ tidak dapat mengalami reduksi karena berikatan dengan ligan hidroksida membentuk senyawa kompleks yang bermuatan negatif. Senyawa kompleks ini dapat menghalangi interaksi antara Cu(II) dengan elektron karena kerapatan elektron di sekitar ion Cu(II) semakin meningkat. Spesies ion Cu(II) yang lain yaitu endapan $\text{Cu}(\text{OH})_2$ tidak dapat direduksi karena berfasa padat.

TiO2

TiO_2 merupakan kristal berwarna putih dengan titik lebur 1855°C , berfungsi sebagai fotokatalis yaitu bahan yang dapat mempercepat reaksi yang diinduksi oleh cahaya. Hal ini karena TiO_2 mempunyai struktur semikonduktor yaitu struktur yang dikarakterisasi oleh pita valensi yang terisi penuh elektron dan pita konduksi yang kosong, dimana keduanya membentuk celah yang disebut *bandgap* (E_g). Selanjutnya, ketika semikonduktor dikenai foton dengan energi $h\nu$ yang sama atau melebihi energi *bandgap* dari semikonduktor, elektron (e_{cb}^-) akan tereksitasi dari pita valensi ke pita konduksi, meninggalkan sebuah lubang (h_{vb}^+).



METODE PENELITIAN

Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Limbah Kerajinan Perak dari Desa Ungga Kec. Praya Kab. Lombok Tengah, TiO_2 , HCl 37%, Aquades, Aguabides

Alat-Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah peralatan gelas laboratorium, Kertas Saring whatmann 22, kertas Indikator pH, satu set reaktor yang dilengkapi dengan lampu UV tipe *black light blue* (BLB) 40 watt 220 volt dengan panjang gelombang 340-390 nm, magnetic plate stirrer (plat pengaduk magnetik), neraca analitik Mettler AE 100 dan Mettler AT 200, pH meter HM-58 buatan TOA Electronics Ltd. Satu set alat *Spektrofotometer Serapan Atom* (SSA) Purkin Elmer model 3110.

Prosedur Penelitian

Tahapan penelitian terdiri dari: (1) Pengukuran volume limbah yang digunakan dalam penelitian, (2) proses fotoreduksi ion Cu(II) yang terkatalisis TiO_2 , (3) analisis ion logam Cu(II) dengan metode Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

Langkah-langkah pengambilan data adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui pengaruh penyinaran dilakukan Proses fotoreduksi limbah cair kerajinan perak yang mengandung ion Cu(II) tanpa maupun dengan penyinaran.
2. Untuk mengetahui pengaruh katalis TiO_2 dilakukan dengan cara melakukan proses adsorpsi pada limbah cair tanpa maupun dengan penambahan katalis pada kondisi tanpa penyinaran.
3. Untuk mengetahui optimasi pengaruh penyinaran dan katalis TiO_2 dilakukan dengan cara melakukan proses fotoreduksi pada limbah cair tanpa maupun dengan penyinaran dan penambahan foto katalis TiO_2 dalam reaktor tertutup yang dilengkapi dengan lampu UV.

Kondisi proses fotoreduksi adalah 50 mL limbah perak yang mengandung ion Cu(II) dan Ag(I) dengan waktu reaksi selama 24 jam dan massa TiO_2 20 mg pada setiap 10 ppm konsentrasi ion Cu(II). Hasil fotoreduksi ditentukan berdasarkan selisih konsentrasi ion Cu(II) awal dengan konsentrasi ion Cu(II) sisa dalam limbah kerajinan perak tanpa maupun

dengan penambahan fotokatalis TiO_2 . Selanjutnya, data yang diperoleh dibandingkan terhadap hasil fotoreduksi ion $Cu(II)$ terkatalisis TiO_2 murni skala laboratorium. Jumlah logam dalam campuran ditentukan dengan metode Spektrofotometri Serapan Atom (AAS).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini akan dibahas hasil penelitian tentang pengaruh katalis TiO_2 dalam limbah kerajinan perak terhadap efektivitas fotoreduksi $Cu(II)$. Proses fotoreduksi $Cu(II)$ terkatalisis TiO_2 dilakukan dengan cara menyinari limbah cair yang mengandung ion $Cu(II)$, serbuk katalis TiO_2 , disertai dengan pengadukan selama waktu tertentu dengan lampu UV. Sinar UV tersebut berfungsi sebagai sumber energi foton ($h\nu$) dalam proses fotoreduksi $Cu(II)$, sedangkan pengadukan dilakukan agar seluruh reaktan dapat bercampur dengan baik dan dapat berinteraksi dengan cahaya UV secara efektif.

Pengaruh adanya fotokatalis TiO_2 terhadap efektivitas fotoreduksi $Cu(II)$ dipelajari dengan cara melakukan proses fotoreduksi tanpa dan dengan penambahan fotokatalis TiO_2 , sedangkan untuk mempelajari pengaruh sinar UV terhadap efektivitas fotoreduksi $Cu(II)$ dilakukan proses tanpa dan dengan adanya penyinaran dengan sinar UV. Proses dilakukan pada kondisi optimum fotoreduksi $Cu(II)$ sesuai dengan hasil yang diperoleh Nurhayati (2007) dan Fitriani (2007). Kondisi tersebut adalah 50 mL $Cu(II)$ 10 ppm, 20 mg TiO_2 dengan lama penyinaran 24 jam.

Efektivitas fotoreduksi ion $Cu(II)$ dinyatakan dalam persentase ion $Cu(II)$ tereduksi, yaitu ditentukan berdasarkan selisih antara konsentrasi awal ion $Cu(II)$ dengan konsentrasi $Cu(II)$ sisa setelah proses fotoreduksi. Konsentrasi ion $Cu(II)$ sisa atau yang tidak tereduksi ditentukan dengan metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA).

Hasil analisis awal penentuan konsentrasi ion $Cu(II)$ pada limbah cair industri kerajinan perak di Desa Ungga Kec. Praya Kab. Lombok Tengah adalah:

Tabel 1. Konsentrasi $Cu(II)$ dalam limbah cair kerajinan perak di Desa Ungga

Ion	Cont. Ion (ppm)
$Cu(II)$	1028.4797

Langkah selanjutnya adalah melakukan treatment terhadap limbah cair yaitu

dengan melakukan pengenceran sebanyak 100 kali pengenceran kemudian dianalisis.

Pengaruh Sinar UV terhadap Efektivitas Fotoreduksi $Cu(II)$ dalam limbah kerajinan perak

Pengaruh sinar UV terhadap efektivitas fotoreduksi $Cu(II)$ dalam limbah cair industri kerajinan perak dipelajari dengan cara melakukan proses fotoreduksi tanpa penambahan fotokatalis TiO_2 diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 2. Konsentrasi $Cu(II)$ dalam limbah setelah pengenceran dan pengaruhnya terhadap sinar UV

Ion	Cont. Ion (ppm)
$Cu(II)$	9.873
$Cu(II) + UV$	9.224

Tabel 2. Menunjukkan bahwa fotoreduksi ion $Cu(II)$ menjadi $Cu(0)$ tanpa adanya fotokatalis TiO_2 dapat berlangsung, yang menyebabkan pengurangan ion $Cu(II)$ sebesar 0.649 ppm atau sekitar 6.573%, angka ini lebih kecil jika di bandingkan dengan persen $Cu(II)$ skala laboratorium yaitu mencapai 9.03%. Reaksi fotoreduksi $Cu(II)$ dapat terjadi karena ion $Cu(II)$ menangkap elektron yang berasal dari fotolisis air, setelah terkena sinar UV. Proses fotolisis air berlangsung lambat dan hanya menghasilkan elektron dalam jumlah yang relatif sedikit, penurunan persen $Cu(II)$ yang hilang juga dimungkinkan disebabkan oleh adanya kompetisi fotoreduksi antara ion $Cu(II)$ dengan ion dari logam lain yang terkandung dalam limbah cair kerajinan perak dalam menangkap elektron yang berasal dari proses fotolisis air, mengingat dalam proses pembuatan perhiasan perak memiliki rangkaian tahapan yang menggunakan beberapa jenis cairan kimia seperti air raksa yang mengandung logam Hg dan debu Ag dari proses penyepuhan perak, .

Pengaruh Katalis TiO_2 terhadap Efektivitas reduksi $Cu(II)$ dalam limbah kerajinan perak.

Pengaruh Katalis TiO_2 terhadap efektivitas fotoreduksi $Cu(II)$ dalam limbah cair industri kerajinan perak, dipelajari dengan cara melakukan proses reduksi dengan penambahan fotokatalis TiO_2 dalam keadaan gelap. Diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 3. Konsentrasi Cu(II) dalam limbah cair dan penambahan serbuk TiO₂ tanpa sinar UV

Ion	Cont. Ion (ppm)
Cu(II)	9.873
(Cu(II) + TiO ₂) gelap	8.115

Tabel 3. Menunjukkan bahwa reduksi ion Cu(II) menjadi Cu(0) dengan adanya katalis TiO₂ dapat juga berlangsung, yang menyebabkan pengurangan ion Cu(II) sebesar 1.758 ppm atau sekitar 17.80%. Reaksi reduksi Cu(II) dapat terjadi karena ion Cu(II) dapat tereduksi pada permukaan katalis TiO₂. Angka ini lebih kecil jika dibandingkan dengan persen Cu(II) yang hilang pada skala laboratorium yaitu mencapai 24,48%. Penurunan persen Cu(II) yang hilang juga disebabkan oleh adanya kompetisi reduksi antara ion Cu(II) dengan ion-ion logam lain dalam limbah cair industri kerajinan perak.

Pengaruh Katalisis TiO₂ dan Penyinaran pada proses Fotoreduksi Cu(II)

Proses fotoreduksi Cu(II) dilakukan terhadap limbah cair yang terdiri dari 50 ml Cu(II) 9,873 ppm, 20 mg TiO₂ selama 24 jam.

Tabel 4. Konsentrasi Cu(II) dalam limbah cair kerajinan perak dan penambahan serbuk TiO₂ disertai penyinaran UV

Ion	Cont. Ion (ppm)
Cu(II) awal	9.873
Cu(II) + TiO ₂ + UV	6.579

Tabel 4. menunjukkan bahwa efektivitas fotoreduksi Cu(II) pada limbah cair industri kerajinan perak mengalami penurunan konsentrasi Cu(II) yang hilang yaitu sebesar 3.296 ppm atau sekitar 33,38%. Hal ini dapat dijelaskan bahwa penurunan konsentrasi Cu(II) yang hilang disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya adalah terjadinya kompetisi reduksi antara ion Cu(II) dan ion pengotor lain dalam limbah karena memperebutkan elektron yang bersumber dari proses fotolisis air maupun elektron yang berasal dari elektron tereksitasi pada permukaan katalis TiO₂.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan, dapat diambil kesimpulan bahwa Fotoreduksi ion Cu(II) Terkatalisis TiO₂ dalam limbah

kerajinan perak di desa Ungga Kec. Praya Kab. Lombok Tengah Lebih rendah dibandingkan dengan Fotoeduksi ion Cu(II) Terkatalisis TiO₂ Skala Laboratorium.

Saran

Ion Cu(II) di dalam limbah kerajinan perak dapat juga ditemukan bersama dengan logam-logam lain seperti Cr(VI), dan Hg sehingga perlu dilakukan kajian pengaruh ion logam tersebut terhadap efektivitas fotoreduksi ion Cu(II).

DAFTAR RUJUKAN

Chen, D dan Ray, A. K., 2001, Removal of Toxic Metal Ions from Wastewater by Semiconductor Photocatalysis, Chem. Engineering Sci., 56, 1561-1570

Gunlazuardi, J., 2001, *Fotokatalisis pada Permukaan TiO₂, Aspek Fundamental dan Aplikasinya*, Prosiding Seminar Nasional Kimia Fisika II, Jakarta.

Hatimah, H. Kajian Pengaruh Ion Cd(II) dan Cr(VI) Terhadap Efektivitas Fotoreduksi Ion Cu(II) Terkatalisis TiO₂, Thesis, FMIPA UGM, Yogyakarta.

Hoffmann, M.R., Martin, S.T., Choi, W., dan Bahnemann, D.W., 1995, Environmental Applications of Semiconductor Photocatalysis, Chem. Rev., 95, 69-96.

Jayaweera, P.M., Godakumbura, P.I., dan Pathiratne, K.A.S., 2003, Photocatalytic Oxidation of As(III) in Aqueous Solution : A Low Cost PreOxidative Treatment for Total Removal Arsenic From Water, Current Science, 84 (4), 541-543.

Manahan, S.E., 2000, Environmental Chemistry, Seventh edition, Lewis Publishers, London.

Sperling, M., Xu, S., and Welz, B., 1992, *Determination Of Chromium (III) and Chromium (VI) in Water Using Flow Injection on Line Preconcentration with Selective Adsorption on Activated Alumina and Flame Atomic Adsorption Spectrometric Detection*, Anal. Chem.

Wahyuni, E.T., Hadipranoto N., Tahir, I., dan
Tamtama, B.H.G., 2004, Effect of

Cr(VI) Ions on the Effectiveness of
Chlorophenol Photodegradation,
Indonesian Journal of Chemistry,
49(3), 156-16