



PENGARUH ION Hg(II) TERHADAP EFEKTIVITAS FOTOREDUKSI ION Cu(II) TERKATALIS TiO₂ DALAM LIMBAH CAIR INDUSTRI KERAJINAN PERAK DI DESA UNGGAKEC. PRAYA LOMBOK TENGAH

Husnul Hatimah

Prodi Pendidikan Kimia, FPMIPA, IKIP Mataram, Jl. Pemuda No. 59A, Mataram, Indonesia
 83125 Email: husnulhatimah@gmail.com

Article History

Received: April 2018

Revised: May 2018

Published: June 2018

Abstract

In this study a study of the effect of TiO₂ photocatalysts and Hg (II) ions in the wastewater of the silver industry in Ungga Village, Kec. PrayaKab. Central Lombok to the effectiveness of Cu (II) photoreduction which is catalyzed by TiO₂. The photoreduction process is carried out by irradiating liquid waste containing Cu (II) and Hg (II) ions without or by adding TiO₂ photocatalyst powder in a closed reactor equipped with UV light. The condition of the photoreduction process is 50 mL of silver waste containing Cu (II) and Hg (II) with a reaction time of 24 hours and a mass of TiO₂ 20 mg at 10 ppm Cu (II) ion concentration. Photoreduction results are determined based on the difference in the concentration of Cu (II) ions with the concentration of residual Cu (II) ions in silver waste without the addition of TiO₂ photocatalysts. Furthermore, the data obtained compared to the results of Cu (II) photoreduction catalyzed by pure TiO₂ laboratory scale. The amount of metal in the mixture was determined by the Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) method. The results showed that in silver handicrafts containing Cu (II) and Hg (II) ions the addition of TiO₂ can increase the effectiveness of Cu (II) photoreduction from 6.57% to 33.38%, which begins with the adsorption process. Hg (II) in silver handicraft waste causes inter-metal reduction competition so that it can reduce the effectiveness of Cu (II) ion photoreduction catalyzed by TiO₂ by 9.84% when compared to the percentage of Cu (II) ion TiO₂ scale laboratory testing.

Keywords: Cu (II), Hg (II), Photoreduction, 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 suatu barang. Salahsatunya adalah limbah cair yang mengandung salah satu logam yaitu tembaga (Cu).

Pada konsentrasi relatif tinggi, ion Cu 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 merkuri dalam bentuk Hg(II) dan krom dalam bentuk Cr(VI). Kedua logam tersebut juga merupakan logam berbahaya dan toksik karena dapat merusak paru-paru, hati, ginjal, sistem syaraf pusat otak dan bisa menyebabkan penyakit kanker.

Berdasarkan hasil observasi di desa Ungga Praya Lombok Tengah kandungan logam tembaga Cu(II) yang merupakan campuran utama logam perak pada kerajinan perak dalam limbah kerajinan

perak sangat tinggi yaitu sebesar 1028.48 ppm. Konsentrasi ion Cu(II) tersebut melebihi ambang batas kadar Cu(II) yang diperbolehkan dilingkungan sehingga dapat mencemari air disekitarnya.

Dalam limbah kerajinan perak keberadaan logam selain tembaga Cu(II) juga dimungkinkan ada seperti adanya logam merkuri (Hg). Hal ini diduga karena pada proses pembilasan pertama hasil kerajinan perak digunakan air raksa untuk menghilangkan pengotor yang menempel. Seperti diketahui air raksa merupakan air keras yang mengandung merkuri (Hg) sehingga dipastikan keberadaan logam merkuri dalam limbah kerajinan perak juga berpotensi mencemari lingkungan perairan disekitar.

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

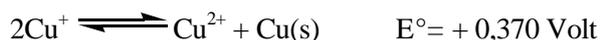
Metode kimia yang baru-baru ini menarik perhatian adalah fotoreduksi terkatalisis. Metode ini merupakan salah satu metode alternatif yang ramah lingkungan, murah dan mudah dilakukan. Penanganan limbah ion Cu(II) dengan cara fotoreduksi terkatalisis adalah reaksi reduksi ion Cu(II) menggunakan bantuan cahaya ultraviolet dan dipercepat dengan bantuan fotokatalis semikonduktor seperti TiO₂.

Tembaga Cu(II)

Tembaga (Cu) memiliki nomor atom 29 dengan konfigurasi elektron $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^1$, yang menempatkannya pada golongan transisi IB dan periode ke-4 dalam table 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 Cu²⁺ 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).

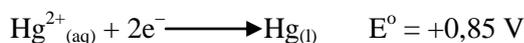


Di antara spesies Cu(II) tersebut, ion Cu²⁺ merupakan ion yang paling mudah tereduksi daripada spesies-spesies yang lain. Ion-ion Cu₂(OH)₂²⁺, CuOH⁺ sulit tereduksi karena adanya pembentukan kompleks atom pusat Cu dengan ligan hidroksida, yang dapat menghalangi interaksi antara electron dengan ion Cu²⁺. Sementara itu, spesies ion Cu(OH)₃⁻ dan ion Cu(OH)₄²⁻ tidak dapat mengalami reduksi karena berikatan dengan ligan hidroksi dan 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 Cu(OH)₂ tidak dapat direduksi karena berfasa padat.

Merkuri (Hg)

Merkuri memiliki nomor atom 80. Simbolnya adalah Hg, dari bahasa Latin *hydrargyrum*, memiliki bilangan oksidasi 4.2 mercuric, jari-ari atom 151pm dan elektronegativitas 2 skala pauling.

Di lingkungan perairan, ion Hg(II) lebih banyak ditemukan. Ion Hg²⁺ dapat mengalami reduksi dengan adanya arus listrik menjadi ion Hg⁰, berdasarkan nilai potensial reduksinya. Reaksi reduksi Hg(II) dan potensial reduksinya dapat dituliskan sebagai berikut (Vogel, 1990):

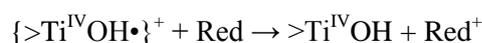


Merkuri berbentuk cair dalam suhu kamar, serta mudah menguap. Toksisitas merkuri dapat terjadi akibat kontak kulit, makanan, minuman, dan pernapasan. Toksisitas kronis air merkuri dapat

menyebabkan kelainan berkelanjutan berupa tremor, ppakinson, gangguan lensa mata berwarna abu-abu, seta anemia ringan, dilarutkan dengan gangguan susunan saraf, kerusakan pada otak janin dan lain-lain.

TiO₂

TiO₂ 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 TiO₂ 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 *hν* 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

Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Limbah Kerajinan Perak dari Desa Ungga Kec. Praya Kab. LombokTengah, TiO₂, 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 TiO₂, (3) analisis ion-ion logam Cu(II), Hg(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) dan Hg(II) tanpa maupun dengan penyinaran.
2. Untuk mengetahui pengaruh katalis TiO₂ 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 TiO₂ dilakukan dengan cara melakukan proses fotoreduksi pada limbah cair tanpa maupun dengan penyinaran dan penambahan fotokatalis TiO₂ dalam reaktor tertutup yang dilengkapi dengan lampu UV.

Kondisi proses fotoreduksi adalah 50 mL limbah perak yang mengandung ion Cu(II) dan Hg(II) dengan waktu reaksi selama 24 jam dan massa TiO₂ 20 mg pada setiap 10 ppm konsentrasi ion Cu(II). Hasil fotoreduksiditentukan berdasarkan selisih konsentrasi ion Cu(II) awal dengan konsentrasi ion Cu(II) sisa dalam limbah kerajinan perak tanpa maupun dengan penambahan fotokatalis TiO₂. Selanjutnya, data yang diperoleh dibandingkan terhadap hasil fotoreduksi ion Cu(II) terkatalisis TiO₂ 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 ion Hg(II) dalam limbah kerajinan perak terhadap efektivitas fotoreduksi Cu(II) terkatalis TiO₂. Proses fotoreduksi Cu(II) terkatalis TiO₂ dilakukan dengan cara menyinari limbah cair yang terdiri dari ion Cu(II) dan Hg(II), serbuk katalis TiO₂, disertai dengan pengadukan selama waktu tertentu dengan lampu UV. Sinar UV tersebut berfungsi sebagai sumber energy foton (hv) 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 TiO₂ terhadap efektivitas fotoreduksi Cu(II) dipelajari dengan cara melakukan proses fotoreduksi tanpa dan dengan penambahan fotokatalis TiO₂, 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 TiO₂ 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) dan Hg(II) sisa atau yang tidak tereduksi ditentukan dengan metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA).

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

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

Ion	Cont. Ion (ppm)
Cu(II)	1028.4797
Hg(II)	203.679

Langkah selanjutnya adalah melakukan treatment terhadap limbah cair yaitu dengan melakukan pengenceran sebanyak 100 kali pengenceran kemudian dianalisis.

Pengaruh Sinar UV terhadap Efektivitas Foreduksi Cu(II) dengan adanya ion Hg(II) dalam limbah kerajinan perak

Pengaruh sinar UV terhadap efektivitas fotoreduksi Cu(II) dengan adanya ion Hg(II) dalam limbah cair industri kerajinan perak dipelajari dengan cara melakukan proses fotoreduksi tanpa penambahan fotokatalis TiO₂ diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 2. Konsentrasi Cu(II) dengan adanya ion Hg(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 TiO₂ dapat berlangsung, yang menyebabkan pengurangan ion Cu(II) sebesar 0.649 ppm atau sekitar 6.573%, angka ini lebih kecil jika di dibandingkan dengan persen Cu(II) yang hilang tanpa adanya ion Hg(II) dalam skala laboratorium yaitu mencapai 9.03% (Hatimah, 2009). 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 electron dalam jumlah yang relative sedikit, penurunan persen Cu(II) yang hilang juga disebabkan oleh adanya kompetisi fotoreduksi antara ion Cu(II) dengan ion Hg(II) dalam menangkap elektron yang berasal dari proses fotolisis air.

Pengaruh Katalis TiO₂ terhadap Efektivitas reduksi Cu(II) dengan adanya ion Hg(II) dalam limbah kerajinan perak.

Pengaruh Katalis TiO₂ terhadap efektivitas fotoreduksi Cu(II) dengan adanya ion Hg(II) dalam limbah cair industri kerajinan perak, dipelajari dengan cara melakukan proses reduksi dengan penambahan fotokatalis TiO₂ dalam keadaan gelap. Diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 3. Konsentrasi Cu(II) dengan adanya ion Hg(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. Seperti halnya adsorpsi ion Cu²⁺ pada TiO₂, ion Hg(II) juga teradsorpsi pada TiO₂ dengan mekanisme yang sama. Kedua ion tersebut mempunyai ukuran jari-jari atom masing-masing berdasarkan perhitungan yaitu: Cu(II) 145 pm dan Hg(II) 165 pm (Ghosh and Biswas, 2002). Ukuran atom dapat menunjukkan kemampuan adsorpsi suatu atom, di mana ion dengan ukuran yang lebih kecil, biasanya akan lebih dipilih untuk teradsorpsi (Vogel, 1994). Angka ini lebih kecil jika dibandingkan dengan persen Cu(II) yang hilang tanpa adanya ion Hg(II) dalam skala laboratorium yaitu mencapai 24,48% (Hatimah, 2009). Penurunan persen Cu(II) yang hilang juga disebabkan oleh adanya kompetisi reduksi antara ion Cu(II) dengan ion Hg(II) dalam limbah cair industri kerajinan perak.

Pengaruh Ion Logam Hg(II) Terhadap Efektivitas Fotoreduksi Cu(II) Terkatalis TiO₂

Pengaruh adanya Hg(II) terhadap efektivitas fotoreduksi Cu(II) terkatalis oleh TiO₂ dipelajari untuk mengetahui besarnya pengaruh keberadaan Hg(II) terhadap proses fotoreduksi Cu(II) dalam limbah kerajinan perak .

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

Tabel 4. Konsentrasi Cu(II) dengan adanya ion Hg(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) dengan adanya ion Hg(II) pada limbah cair industri kerajinan perak dapat menyebabkan penurunan konsentrasi Cu(II) yang hilang yaitu sebesar 3.296 ppm atau sekitar 33,38%. Angka ini tergolong lebih rendah jika dibandingkan dengan penurunan konsentrasi ion Cu(II) yang hilang skala laboratorium yaitu tanpa adanya campuran logam lain yaitu 43.22% (Hatimah, 2009) selisih persentase penurunan kadar ion Cu(II) tanpa adanya logam Hg adalah 9.84%. 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 Hg(II) dalam larutan karena memperebutkan elektron yang bersumber dari proses fotolisis air maupun elektron yang berasal dari elektron tereksitasi pada permukaan katalis TiO₂. Selain itu juga, kemampuan ion Hg(II) teradsorpsi pada permukaan TiO₂ menyebabkan terjadinya kompetisi adsorpsi pada permukaan TiO₂, adsorpsi ion Hg(II) pada permukaan TiO₂ dapat mengurangi interaksi antara fotokatalis TiO₂ dengan sinar UV maupun dengan ion Cu(II).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan, dapat diambil kesimpulan bahwa adanya ion Hg(II) dalam limbah kerajinan perak di desa Ungga Kec.PrayaKab. Lombok Tengah dapat berpengaruh negatif terhadap efektivitas fotoreduksi ion Cu(II) terkatalis TiO₂.

SARAN

Ion Cu(II) di dalam limbah kerajinan perakdapat 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 PUSTAKA

- 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) Terkatalis 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., an 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), 156-160