

Imobilisasi TiO₂ ke dalam Resin Penukar Kation dan Aplikasinya sebagai Fotokatalis dalam Proses Fotoreduksi Ion Hg²⁺

Rosyid Ridho*, Endang Tri Wahyuni, Suyanta

Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Gadjja Mada

Sekip Utara Yogyakarta 55281

*Email: rosyidridho@gmail.com

Abstrak

Dalam rangka mengembangkan bahan fotokatalis TiO₂ pada penelitian ini telah dilakukan preparasi fotokatalis TiO₂-Resin yang disertai dengan karakterisasi dan uji aktivitas untuk proses fotoreduksi ion Hg(II). Preparasi imobilisasi ini dilakukan dengan metode pertukaran ion yang diikuti dengan kalsinasi pada suhu tertentu. Pada preparasi telah dipelajari pengaruh konsentrasi Titanium Isopropoksida sebagai sumber ion Ti(IV) terhadap TiO₂-Resin yang dikarakterisasi dengan menggunakan Difraksi Sinar X (XRD) dan Termografimetri (TGA). Pada proses fotoreduksi ion Hg(II) dipelajari pengaruh massa fotokatalis, kadar TiO₂ yang terimobilisasi ke dalam resin, konsentrasi Ion Hg(II), dan pengaruh pH. Proses fotoreduksi dilakukan dalam suatu reaktor tertutup yang dilengkapi dengan lampu UV, yaitu dengan cara menyinari campuran yang terdiri dari larutan ion Hg(II) dan serbuk fotokatalis TiO₂-Resin, disertai dengan pengadukan selama waktu tertentu. Hasil fotoreduksi dihitung berdasarkan selisih antara konsentrasi ion Hg(II) awal dengan ion Hg(II) yang tak tereduksi. Penentuan konsentrasi ion Hg(II) yang tak tereduksi dilakukan dengan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) teknik pembangkitan uap dingin atau *Cold Vapor Atomic Absorption Spectrophotometry* (CV-AAS). Hasil preparasi menunjukkan semakin tinggi konsentrasi Titanium Isopropoksida yang ditambahkan pada resin semakin tinggi juga kadar TiO₂ yang terbentuk pada TiO₂-Resin. Hasil uji fotokatalis menunjukkan bahwa penggunaan fotokatalis TiO₂-Resin dapat meningkatkan hasil fotoreduksi ion Hg(II) yang peningkatannya lebih tinggi dibandingkan TiO₂ serbuk. Penambahan fotokatalis dengan massa yang semakin besar menambah efektivitas fotoreduksi terhadap ion Hg(II) yang semakin besar, namun jika ditambahkan massa fotokatalis yang lebih tinggi lagi akan menurunkan efektivitas fotoreduksi terhadap ion Hg(II). Kenaikan konsentrasi Hg(II) menyebabkan efektivitas fotoreduksi semakin rendah. Pada pH 1-4 terjadi kenaikan fotoreduksi pada ion Hg(II), akan tetapi pada pH yang lebih tinggi dari 4 menyebabkan terjadinya penurunan efektivitas fotoreduksi terhadap ion Hg(II).

Kata kunci : Fotokatalis, TiO₂-resin, Ion Hg(II)

Abstract

To develop TiO₂ photoreduction photocatalyst in order to decrease the Hg(II) ion concentrate, in this research, it has been done the TiO₂-Resin photocatalyst preparation with the characterization and application to Hg(II) ion photoreduction process. This preparation was done with ion exchange method which followed by studied calcinations at certain temperature. The preparation has been studied the influence of titanium isopropoxide concentrate toward TiO₂-Resin which has been characterized by using X-Ray Diffraction(XRD) and Thermografimetry (TGA). In Hg(II) ion photoreduction process, it has been studied the influence of photocatalyst mass, the content of TiO₂ which immobilized into sulfonated polystyrene (resin), the ion Hg(II) concentrate, and the pH influence. The photoreduction process has been done in the closed reactor that equipped by UV lamp, and uses the irradiating a mixture which contents of Hg(II) ion solution and TiO₂-Resin photocatalyst powder, with the stirring at certain time. The result of photoreduction was calculated based on the difference between the earlier Hg(II) ion concentrate and unreduced Hg(II) ion. The determining of unreduced Hg(II) ion concentrate was done by using cold vapor atomic absorption spectrophotometry (CV-AAS). The preparation result showed that the higher isopropoxide titanium that was added into sulfonated polystyrene, the higher the content of TiO₂ that was formed in TiO₂-Resin. the result of photocatalyst test showed that the using using of TiO₂-Resin photocatalyst can increase the result of Hg(II) ion photoreduction which the increase is higher than TiO₂ powder. The added of photocatalyst by

the higher mass, adds the photoreduction effectiveness toward the Hg(II) ion. The higher the Hg(II) concentrate that added, the lower the photoreduction effectiveness. In pH 1-4, there is the photoreduction increase on Hg(II) ion, but in the highest pH that more than 4, it causes the decrease of the photoreduction effectiveness toward the Hg(II) ion.

Keywords : Photocatalyst, TiO₂-resin, Hg(II) ion

1. PENDAHULUAN

Merkuri (Hg(II)) dan garamnya merupakan zat yang berbahaya yang dapat tersebar luas di lingkungan. Sumber penyebaran antara lain aktivitas berbagai industri (Cristian, *et al*, 1970), gas geothermal, dan ekstraksi emas metode amalgamasi. Merkuri di lingkungan dapat mengalami bioakumulasi sehingga konsentrasinya dapat meningkat ratusan kali. Merkuri merupakan senyawa yang bersifat toksik (Darmono, 2001).

Mengingat bahaya yang ditimbulkan oleh merkuri seperti yang telah diuraikan di atas maka perlu dilakukan upaya penanganan terhadap limbah tersebut. Penanganan tersebut dapat dilakukan dengan metode adsorpsi (Sarkar *et al.*, 2000), pertukaran ion dan fotoreduksi (Chen and Ray, 2001). Metode adsorpsi dan pertukaran ion relatif sederhana dan efektif, namun tidak menghilangkan sifat racun Hg(II), melainkan hanya memindahkannya dari larutan dan padatan adsorben atau bahan penukar ion. Selain itu apabila adsorben atau penukar ion telah jenuh oleh ion Hg(II) maka akan menjadi limbah padat yang berbahaya karena masih mengandung ion Hg yang cukup besar. Untuk mengatasi hal tersebut telah dikembangkan metode fotoreduksi yaitu reduksi dengan menggunakan cahaya dan serbuk TiO₂ sebagai fotokatalis, yang dapat mengubah ion Hg(II) yang sangat berbahaya bagi lingkungan menjadi logam Hg(0) yang lebih mudah penanganannya.

Walaupun penggunaan TiO₂ dalam bentuk serbuk untuk pengolahan limbah secara umum termasuk ion Hg(II), cukup praktis namun serbuk ini dapat hilang dari larutan sehingga reduksi tidak efektif. Agar efektif harus digunakan TiO₂ dalam jumlah yang banyak. Tetapi penggunaan serbuk yang banyak dapat meningkatkan kekeruhan. Hal ini mengurangi penyerapan cahaya oleh substrat sehingga efektivitas fotokatalis rendah.

Untuk mengatasi masalah tersebut maka dalam penelitian ini dilakukan immobilisasi TiO₂

dalam Resin. Resin dapat berfungsi sebagai pengemban TiO₂ karena berstruktur rongga. Dalam penelitian ini immobilisasi dilakukan dengan metode pertukaran ion yang diikuti dengan kalsinasi. Selain itu juga dilakukan uji fotoaktivitas TiO₂-Resin untuk proses fotoreduksi Hg(II) menjadi Hg(0).

2. METODOLOGI PENELITIAN

Bahan yang digunakan

Titanium (IV) Isopropoksida, TiO₂ degusa, HgCl₂, p-klorofenol, KCl, HCl 37% ($\rho = 1,19$ g/mL, Mr = 36,46), Na₂HPO₄.2H₂O, asam sitrat (C₆H₈O₇.2H₂O), NaOH yang semuanya buatan Merck. Boraks (Na₂B₄O₇.10H₂O) buatan BHD Chemical Limited Poole England, pelet buffer pH 4 dan 7 buatan BDH Analar, kertas saring Whatman 42 ($\Phi = 110$ nm), dan akuabides buatan Laboratorim PAU UGM.

Tahapan Penelitian

Penelitian ini terdiri dari immobilisasi dan karakterisasi fotokatalis TiO₂-Resin serta uji fotokatalitik untuk detoksi ion Hg(II) melalui reaksi fotoreduksi terkatalisis.

Immobilisasi TiO₂ pada Resin

Immobilisasi dilakukan dengan cara mempertukarkan ion Ti(II) yang berasal dari Titanium Isopropoksida dalam larutan etanol dan air sebanyak 100 ml dengan kation H⁺ dalam resin 1 gram serta di aduk selama 24 jam dengan pegaduk magnet. Selanjutnya dilakukan pemisahan dengan kertas saring Whatman 42, sehingga diperoleh filtrat dan padatan. Padatannya dikeringkan dan dikalsinasi pada suhu tertentu, yang siap untuk dikarakterisasi maupun diuji sebagai fotokatalis. Dalam langkah ini dipelajari pengaruh konsentrasi Titanium Isopropoksida terhadap fotokatalis TiO₂-Resin dengan cara membuat variasi konsentrasi TIP 0,1 M; 0,3 M; 0,5 M dan 1,5 M.

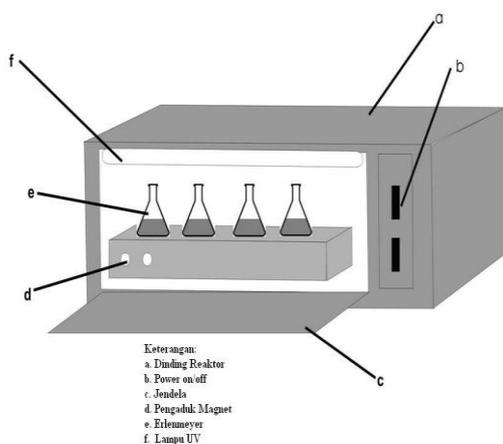
Karakterisasi Fotokatalis TiO₂-Resin

Karakterisasi dilakukan dengan metode difraksi sinar-x (XRD) guna identifikasi TiO₂-Resin, metode TGA untuk menentukan kadar TiO₂. Disamping itu, juga dilakukan pengukuran energi band gap (Eg) sebagai karakter suatu fotokatalis. Spektra UV-Vis. Diffusi reflektansi dibuat pada panjang gelombang 800-250 nm.

Uji fotokatalitik TiO₂-Resin untuk fotoreduksi larutan Hg(II)

Proses fotoreduksi ion Hg(II) dilakukan dengan sistem *batch* dalam reaktor yang dilengkapi dengan lampu UV 40 watt dan *plate magnetic stirrer* seperti pada gambar 1. Untuk itu, campuran yang terdiri dari larutan Hg(II) dan komposit TiO₂-Resin dimasukkan ke dalam reaktor dan disinari dengan lampu UV sambil diaduk dengan pengaduk magnet dalam waktu tertentu. Pemisahan filtrat dari padatannya dilakukan dengan cara penyaringan dengan kertas Whatman 42. Filtrat yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan AAS teknik uap dingin untuk menentukan konsentrasi ion Hg (II) sisa atau tidak tereduksi. Sementara padatan fotokatalis dikeringkan, dan di simpan untuk keperluan uji kestabilan.

Langkah yang sama dilakukan untuk mempelajari pengaruh kadar TiO₂ dalam TiO₂-Resin massa fotokatalis, konsentrasi ion Hg(II), dan pH larutan dengan waktu penyinaran tetap (24 jam), terhadap efektivitas fotoreduksi ion Hg(II). Untuk mempelajari pengaruh variasi kadar TiO₂ dalam TiO₂-Resin dilakukan dengan menggunakan variasi kadar TiO₂ yang telah didapatkan pada tahap



Gambar 1. Reaktor Fotokatalis

preparasi dengan membandingkannya dengan TiO₂ degusa. Pengaruh massa fotokatalis dipelajari dengan menggunakan TiO₂ dengan massa yang bervariasi yaitu 5, 10, 25, 50, dan 75 mg. Pengaruh konsentrasi larutan Hg(II) dipelajari dengan cara yang sama dengan konsentrasi larutan yang bervariasi yaitu 2,5; 5; 10; 20 dan 25 ppm. Pengaruh pH larutan dipelajari menggunakan prosedur yang sama pada pH bervariasi yaitu 1, 2, 3, 4, 5, 7, 10 dan 14.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Analisis dan Karakterisasi TiO₂-Resin Analisis Thermogravimetri (TGA)

Untuk mengetahui kadar TiO₂ yang terimobilisasi pada TiO₂-Resin maka dilakukan uji Thermogravimetri yang ditunjukkan pada tabel 1 berikut:

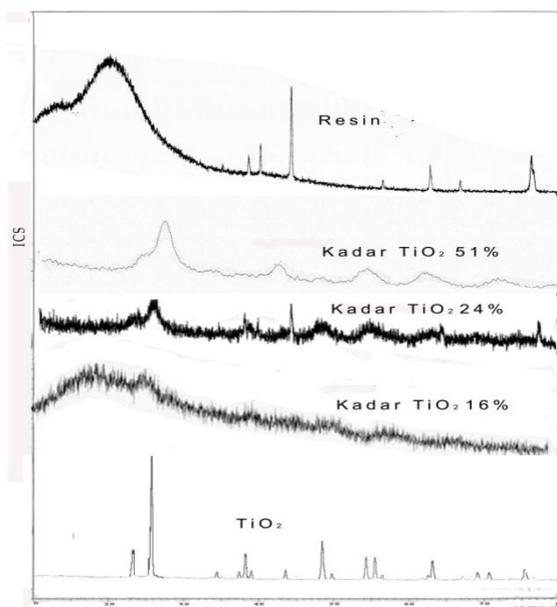
Tabel 1. Kadar TiO₂ yang terkandung pada TiO₂-Resin

Konsentrasi Titanium Isopropoksida	Kadar TiO ₂ pada TiO ₂ -Resin % (b/b)
0,1 M	9%
0,3 M	16%
0,5 M	24%
1,5M	51%

Pada tabel 1 menunjukkan hubungan yang linier antara kadar TiO₂ yang terkandung pada fotokatalis TiO₂-Resin dengan konsentrasi Ti-Isopropoksida, hal ini dikarenakan Ti-Isopropoksida merupakan sumber dari TiO₂ jadi semakin banyak Ti-Isopropoksida yang ditambahkan mengakibatkan semakin banyaknya kadar TiO₂ pada fotokatalis TiO₂-Resin. Sehingga hasil dari kadar TiO₂ pada TiO₂-Resin dapat digunakan untuk preparasi berikutnya

Hasil Analisis Difraksi Sinar-X TiO₂-Resin dengan variasi Kadar TiO₂ dalam fotokatalis TiO₂-Resin

Dalam penelitian ini dipelajari pengaruh kadar TiO₂ pada TiO₂-Resin yang ditunjukkan pada gambar 2.



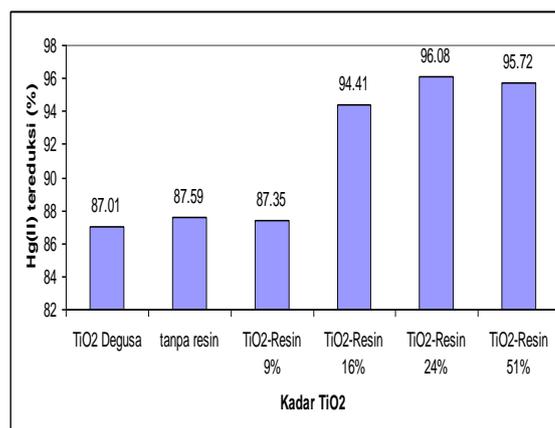
Gambar 2. Difraktogram XRD dengan variasi kadar TiO₂ pada TiO₂-Resin

Dari data pada gambar 2 di atas maka dapat diketahui semakin tinggi konsentrasi Titanium Isopropoksida yang di immobilisasi ke dalam resin memberikan intensitas TiO₂ yang semakin tinggi. Hal ini menandakan kadar TiO₂ dalam TiO₂-Resin semakin besar. Untuk kadar TiO₂ yang rendah intensitas TiO₂ menjadi sangat rendah dan Intensitas resin masih terlihat, namun untuk kadar TiO₂ yang semakin besar Intensitas resin tidak terlihat lagi hal ini dikarenakan tertutupnya bidang intensitas resin oleh TiO₂. Dari data pada penelitian ini Intensitas dengan kadar 24% memberikan intensitas yang optimum karena difraksi TiO₂ dan Resin jelas terlihat dengan Intensitas yang besar.

Pengaruh kadar TiO₂-resin Terhadap Fotoreduksi Ion Hg(II)

Untuk mengetahui pengaruh fotokatalis terhadap efektivitas fotoreduksi ion Hg(II), telah dilakukan proses fotoreduksi ion Hg(II) menggunakan fotokatalis TiO₂ serbuk (Degusa), Ti-isopropoksida tanpa resin, kadar TiO₂ dalam resin 9%, 16%, 24%, dan 51%. Hasil kajian disajikan pada gambar 3.

Dari gambar 3 dapat diketahui efektivitas fotoreduksi TiO₂ degusa dengan Ti-Isopropoksida tanpa resin yang dikalsinasi pada suhu 400^oC mempunyai efektivitas fotoreduksi yang relatif tetap, hal ini dikarenakan Ti-Isopropoksida jika dikalsinasi pada suhu 400^oC akan melepaskan hidrat dan



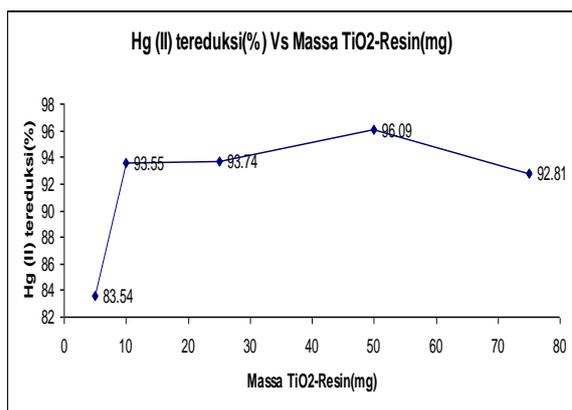
Gambar 3. Pengaruh konsentrasi fotokatalis terhadap fotoreduksi ion Hg(II)

membentuk TiO₂ sehingga efektivitas fotoreduksinya relatif sama, namun jika dibandingkan dengan konsentrasi TiO₂ yang diimmobilisasi ke dalam resin, maka akan terlihat kenaikan efektifitas fotoreduksi hal ini dikarenakan TiO₂ terikat ke dalam resin akan mengakibatkan luas permukaan fotokatalis semakin besar sehingga menyebabkan efektivitas fotoreduksi ion Hg(II) juga semakin besar.

Dari gambar 3 dapat diketahui bahwa kadar TiO₂ yang semakin besar akan memberikan kenaikan efektivitas fotoreduksi, akan tetapi untuk kadar TiO₂ yang semakin besar menyebabkan penurunan efektivitas fotoreduksi. Kadar TiO₂ dalam TiO₂-Resin dengan massa yang semakin besar dapat menghasilkan jumlah elektron untuk fotoreduksi yang semakin banyak, sehingga proses fotoreduksi akan semakin efektif. Namun untuk kandungan TiO₂ dalam resin terlalu besar, maka oksida logam tersebut dapat membentuk agregat-agregat yang berukuran lebih besar. Ukuran partikel yang lebih besar akan menyebabkan luas permukaan yang semakin kecil dan proses penyerapan cahaya menjadi rendah, sehingga efektivitas fotoreduksi menjadi berkurang.

Pengaruh Massa Fotokatalis TiO₂-resin Terhadap Fotoreduksi Ion Hg(II)

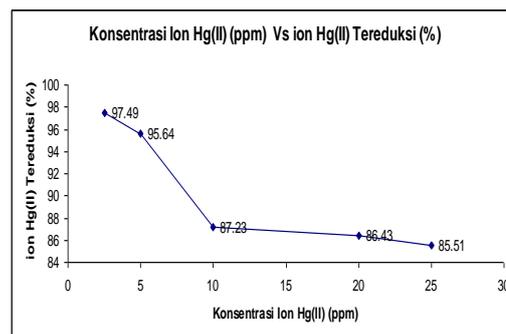
Variasi jumlah fotokatalis TiO₂-Resin penting untuk dipelajari karena terkait oleh penyediaan elektron yang dihasilkan oleh permukaan fotokatalis TiO₂-Resin setelah menyerap cahaya. Hasil kajian pengaruh massa fotokatalis disajikan pada gambar 4.



Gambar 4. Pengaruh massa fotokatalis terhadap fotoreduksi ion Hg(II)

Dari gambar 4 terlihat bahwa kenaikan massa fotokatalis TiO₂-Resin yang digunakan dapat meningkatkan jumlah ion Hg(II) yang tereduksi. Kenaikan berat TiO₂-resin dari 5 mg sampai 10 mg memberikan peningkatan fotoreduksi ion Hg(II) yang cukup besar, sedangkan dari 10 mg sampai 25 mg menunjukkan hasil fotoreduksi yang relatif sama walaupun terjadi kenaikan efektifitas fotoreduksi yang sangat kecil (0.19 %). Sedangkan pada penggunaan fotokatalis dari 25 mg sampai 50 mg menunjukkan kenaikan efektifitas fotoreduksi ion Hg(II) yang sangat tajam yaitu mencapai 96.09%, akan tetapi penambahan berat fotokatalis TiO₂-resin sebesar 75 mg menunjukkan penurunan ion Hg(II) yang tereduksi sebesar 92.81%.

Jumlah TiO₂-resin yang semakin meningkat mengakibatkan jumlah elektron yang disediakan juga semakin meningkat, peningkatan jumlah elektron tersebut akan meningkatkan reduksi Hg²⁺ menjadi Hg⁰. Akan tetapi penggunaan TiO₂-resin dalam jumlah yang semakin besar menyebabkan penurunan % ion Hg(II) yang tereduksi. Serbuk TiO₂-resin dalam yang cukup banyak lebih mudah mengalami penggumpalan dalam suspensi. Hal ini menyebabkan luas permukaan aktif pada fotokatalis semakin kecil sehingga efektifitas ion Hg(II) yang tereduksi akan mengalami penurunan (Hoffman *et al*, 1995), selain itu dengan semakin banyaknya fotokatalis yang ditambahkan maka dapat menyebabkan kekeruhan pada larutan sehingga dapat menghalangi sinar UV yang masuk yang mengakibatkan pembentukan elektron yang dihasilkan dari fotokatalis tidak maksimal sehingga efektifitas fotoreduksi akan menurun. Jadi jelas bahwa jumlah fotokatalis yang besar



Gambar 5. Pengaruh konsentrasi awal larutan Hg(II) terhadap fotoreduksi Hg(II) dalam %

tidak selalu memberikan hasil yang lebih tinggi. Hasil tertinggi ditunjukkan oleh jumlah fotokatalis TiO₂-resin sebanyak 50 mg. Hasil ini diperlukan untuk proses fotoreduksi selanjutnya.

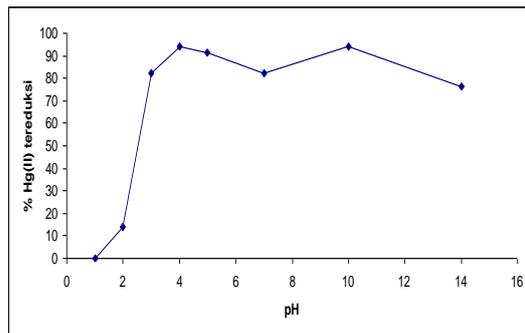
Pengaruh Konsentrasi Awal Hg(II) terhadap Efektivitas Fotoreduksi Ion Hg(II) Terkatalisis TiO₂

Pengaruh konsentrasi awal ion Hg(II) penting untuk dipelajari dalam menunjukkan pengaruh konsentrasi awal Hg(II) dalam proses fotoreduksi dengan fotokatalis TiO₂-Resin. Hasilnya dapat dilihat pada Gambar 5.

Gambar 5 menunjukkan konsentrasi awal ion Hg(II) yang relatif rendah yaitu 2,5 – 5 mg/L memberikan fotoreduksi yang relatif tinggi yaitu sebesar 97,49% dan 95,64 %. Interval konsentrasi yang rendah kenaikan interaksi antara ion Hg²⁺ dengan elektron lebih efektif sehingga akan meningkatkan efektifitas fotoreduksi.

Namun untuk konsentrasi awal ion Hg(II) yang cukup besar yaitu 10-25 mg/L, ternyata memberikan % ion Hg(II) tereduksi yang lebih rendah, yaitu berkisar dari 87% - 85%. Pada konsentrasi yang relatif besar, kenaikan konsentrasi dapat meningkatkan kekentalan larutan sehingga akan menghalangi tumbukan antara ion Hg(II) dengan elektron yang mengakibatkan rendahnya efektifitas fotoreduksi (Devina, 2007). Selain itu karena elektron yang tersedia pada sistem relatif tetap, maka meskipun jumlah ion Hg(II) dalam larutan meningkat, efektifitas fotoreduksi relatif tidak berubah.

Pengaruh pH Larutan Pada Fotoreduksi Ion Hg(II) Terkatalisis TiO₂-resin



Gambar 6. Pengaruh pH larutan terhadap fotoreduksi ion Hg(II)

Pengaruh pH terhadap efektivitas fotoreduksi ion Hg(II) dipelajari dengan cara melakukan reaksi fotoreduksi pada pH bervariasi. Hasil ditunjukkan sebagai gambar 6.

Gambar 6 menunjukkan bahwa pada pH =1 tidak terjadi proses fotoreduksi, sedangkan pada pH = 2 terjadi proses fotoreduksi dengan efektivitas yang relatif rendah yaitu sebesar 14,12 %. Sedangkan, pada pH 2-4 terjadi kenaikan efektivitas fotoreduksi yang sangat tajam yang mencapai 94,29%, namun pada pH dari 4-7 terjadi penurunan efektivitas fotoreduksi ion Hg(II). Sedangkan pada pH dari 7-10 terjadi lagi kenaikan fotoreduksi ion Hg(II) sebesar 94,09% dan pada interval pH 10-14 terjadi penurunan ion Hg(II) yang sangat drastis yang mencapai 76%. Pengaruh pH ini dapat dijelaskan berdasarkan spesiasi ion Hg(II) (Tipping dan Hurley, 1992) dan permukaan fotokatalis TiO₂ (Hoffmann *et al.*, 1995).

Pada pH 1-4, TiO₂ berada dalam campuran antar TiOH₂⁺ dan TiOH, dengan jumlah TiO₂ yang semakin banyak dengan kenaikan pH larutan. TiOH lebih mudah melepas elektron dibandingkan TiOH₂⁺. Dari spesiasi Hg(II), pada pH 1-4 berada dalam bentuk ion Hg(II) yang mudah tereduksi dengan E^o = + 0,85 Volt.

Pada pH 4-7, fotoreduksi mengalami penurunan. Pada rentang pH tersebut, TiOH terbentuk secara maksimal sehingga elektron yang dihasilkan juga maksimal, namun sebagian Hg(II) telah membentuk endapan Hg(OH)₂ sehingga menyebabkan kekeruhan. Hal ini dapat menghalangi penyerapan cahaya oleh TiO₂, sehingga pelepasan elektron kurang efektif atau jumlah elektron berkurang.

Pada pH 7-10, proses fotoreduksi sudah maksimal. Pelepasan elektron dari TiO₂ masih

terjadi sehingga jumlah elektron menjadi banyak. Namun, semua Hg(II) mengendap menjadi Hg(OH)₂ yang menempel dipermukaan TiO₂, sehingga tidak ada lagi dalam larutan. Jadi berkurangnya Hg(II) dalam larutan bukan disebabkan oleh fotoreduksi melainkan karena pengendapan.

Pada pH larutan di atas 10 TiO₂ berbentuk TiO⁻ sehingga sedikit melepas elektron, sehingga jumlah elektron berkurang. Pada pH tersebut, endapan Hg(OH)₂ sebagian larut menjadi Hg(OH)₃⁻ yang terlarut. Karena ini tidak dapat tereduksi maka unsur tersebut ada dalam larutan, yang dapat terdeteksi dengan AAS.

4. SIMPULAN

1. Fotokatalis TiO₂-Resin telah berhasil dipreparasi dengan cara mempertukarkan Ti(II) dengan resin penukar kation, yang diikuti kalsinasi.
2. Kadar TiO₂ dalam TiO₂-Resin semakin besar dengan kenaikan konsentrasi Titanium Isopropoksida yang dipertukarkan.
3. TiO₂-Resin menunjukkan kemampuan fotokatalis pada fotoreduksi ion Hg(II) yang lebih tinggi daripada TiO₂ serbuk. Karena TiO₂ dalam TiO₂-Resin yang semakin besar menghasilkan fotoreduksi yang semakin besar, namun untuk kadar yang sangat besar akan menurunkan efektivitas fotoreduksi.
4. Fotoreduksi maksimum terjadi dengan menggunakan TiO₂-Resin (96,09%) pada kondisi pH= 4, massa TiO₂-Resin 50 mg dengan kadar TiO₂ dalam TiO₂-Resin 24%.

DAFTAR PUSTAKA

- Chen and Ray, 2001, Removal of Toxic Metal Ions from Waste Water by Semiconductor Photocatalysis, Chem Engineering Science
- Christian, Atomic Absorption Spectrometric Application in Agriculture, Biology and Medicine, New York, 1970.
- Devina, 2007, Pengaruh senyawa p-klorofenol terhadap efektivitas fotoreduksi ion Hg(II) yang dikatalisis TiO₂, Tesis S-2, Jurusan FMIPA UGM.
- Darmono, Lingkungan Hidup dan Pencemarannya, Hubungannya dengan Toksikologi Senyawa Logam, UI Press, Jakarta, 2001

- Ritter, J.A., J. Bibler, 1992, Water Science Technology 25
- Hoffman, M.R. , Martin, S.T. , Choi, W. And Bahremann, D.W., 1995, Environmental Application of Semiconductor Photocatalysis, Chem. Rev., 95, 69.
- Sarkar D., Essington M. E. , and Mirsa K. C., 2000, Adsorption of Mercury(II) by Kaolinite. Soil Science Society of America Journal, 64, 1968-1975.
- Tipping E., 1994, WHAM, A Chemical Equilibrium Model and Computer Code for Water, Sediment and Soil Incorporating a Discrete Site/Electrostatic Model of Ion-Binding by Humic Substances, Computer and Geoscience, 20, 973-1023.