

EKSTRAKSI ASAM OKSALAT DARI SEKAM PADI UNTUK AGEN PEREDUKSI ION CR(VI)

Putri Dyah Ayu Pitaloka, Rosyid Ridho, Rika Endara Safitri

Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas PGRI Banyuwangi

Email korespondensi*: rosyidridho@gmail.com

September 2020

ABSTRAK

Pengaruh katalis asam oksalat dari sekam padi terhadap efektivitas fotoreduksi ion Cr(VI) telah diteliti. Proses fotoreduksi ion Cr(VI) dilakukan dalam suatu sistem reaktor tertutup (sistem batch) yang dilengkapi dengan lampu UV. Dalam penelitian ini dipelajari pengaruh konsentrasi NaOH dan CaCl₂ pada sintesis asam oksalat dari sekam padi dan pengaruh massa asam oksalat dan sinar UV terhadap efektivitas fotoreduksi ion Cr(VI).

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa konsentrasi NaOH dan CaCl₂ mempengaruhi hasil dari massa asam oksalat, untuk konsentrasi NaOH hasil massa optimum sebesar 0,7686 g dengan konsentrasi NaOH sebesar 2,5 M dan untuk konsentrasi CaCl₂ hasil massa optimum sebesar 0,7905 g dengan konsentrasi CaCl₂ sebesar 1 M. Pengaruh massa asam oksalat dapat meningkatkan hasil fotoreduksi ion Cr(VI) yaitu massa optimum 30 mg hasil fotoreduksi sebesar 97,74 %. Sedangkan untuk efektivitas fotoreduksi ion Cr(VI) lebih bagus menggunakan sinar UV pada proses fotoreduksinya dengan hasil sebesar 97,74 % dibandingkan tanpa menggunakan sinar UV dengan hasil 66,84%.

Kata Kunci : Ekstraksi Asam Oksalat, Sekam Padi, Pereduksi Ion Cr(Vi)

PENDAHULUAN

Perkembangan dunia industri banyak memberikan dampak terhadap kehidupan manusia, baik yang positif maupun negatif. Dampak negatif yang dihasilkan adalah peningkatan konsentrasi bahan-bahan pencemar yang mengganggu lingkungan. Bahan pencemar yang sering menjadi perhatian adalah ion-ion logam berat. Hal ini disebabkan ion-ion logam berat bersifat toksik meskipun pada konsentrasi yang rendah (dalam ppm) dan umumnya sebagai polutan utama bagi lingkungan (Low dkk,1997).

Logam kromium merupakan salah satu logam berat yang merupakan polutan. Dalam lingkungan air kromium (Cr) terdapat dalam dua bentuk ion spesies, yaitu ion Cr(III) dan ion Cr(VI). Spesies ion Cr(III) merupakan suatu spesi yang ada dalam makanan yang digunakan untuk mengontrol metabolisme glukosa dan lipid dalam membran sel, sedangkan ion Cr(VI) memiliki sifat karsinogenik dan mutagenik serta sangat beracun bagi makhluk hidup (Kotaz, 2000).

Toksisitas dan mobilitas Cr dalam lingkungan perairan bergantung pada keadaan oksidasinya (Kozuh, N. dkk, 2000). Tingkat toksisitas kromium (VI) sekitar

100 kali dibandingkan dengan Cr(III) sehingga Cr(VI) harus di reduksi menjadi Cr(III) untuk menurunkan toksisitasnya. Tingkat toksisitas Cr(VI) sangat tinggi sehingga bersifat racun terhadap semua organisme untuk konsentrasi > 0,05 ppm. Cr(VI) bersifat toksik baik pada manusia, hewan, tumbuhan maupun mikroorganisme. Mobilitas Cr(VI) lebih tinggi daripada Cr(III) karena pada kondisi basa sampai asam spesies Cr(VI) yaitu CrO_4^{2-} , HCrO_4^- , dan $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ tidak teradsorpsi secara kuat oleh tanah. Sebaliknya, Cr(III) tidak karsinogenik dan kurangberacun.

Salah satu cara untuk mengatasi limbah ion Cr(VI) yaitu dengan menggunakan fotoreduksi yang menggabungkan cahaya UV dengan bahan semikonduktor sebagai fotokatalis. Oleh karena itu, dalam penelitian inidilakukankajian fotoreduksi logam ion Cr(VI). Fotokatalis yang digunakan dalam penelitian ini yaitu fotokatalis asam oksalat dari sekam padi. Asam oksalat merupakan turunan dari asam karboksilat yang mengandung 2 gugus karboksil yang terletak pada ujung-ujung rantai karbon yang lurus yang mempunyai rumus molekul $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$ dan asam oksalat mampu dijadikan sebagai fotokatalis pada proses fotoreduksi.

Sekam padi adalah limbah hasil pertanian yang masih kurang dimanfaatkan. Selama ini bahan tersebut hanya digunakan sebagai bahan bakar, penadah kotoran ternak,

pupuk organik atau dibuang begitu saja. Sekam padi mengandung karbon dalam bentuk selulosa dalam jumlah yang cukup besar. Selulose merupakan senyawa karbon rantai panjang yang bisa direngkah menjadi senyawa karbon yang lebih sederhana menggunakan alkali kuat (Mastuti, 2005). Salah satu senyawa karbon yang dihasilkan dalam proses perengkahan adalah asam oksalat (Kirk, 1983).

Kabupaten Banyuwangi merupakan penghasil padi yang setiap tahunnya mengalami peningkatan (Dinas Pertanian, 2010). Produksi padi tersebut menghasilkan produk samping yang besarnya (15-20)% dari berat padi yaitu sekam padi (Widowati, 2001). Produksi padi di Banyuwangi menyebar hampir di seluruh kecamatan, sehingga jumlah sekam padi melimpah. Oleh karena itu nilai jual sekam sangat rendah. Dengan sekam padi menjadi sumber agen fotokatalitik yaitu asam oksalat, maka dapat meningkatkan nilai manfaat dari sekampadi. Dari latar belakang diatas maka dilakukan penelitian Ekstraksi Asam Oksalat Dari Sekam Padi Untuk Agen Pereduksi IonCr(Vi)

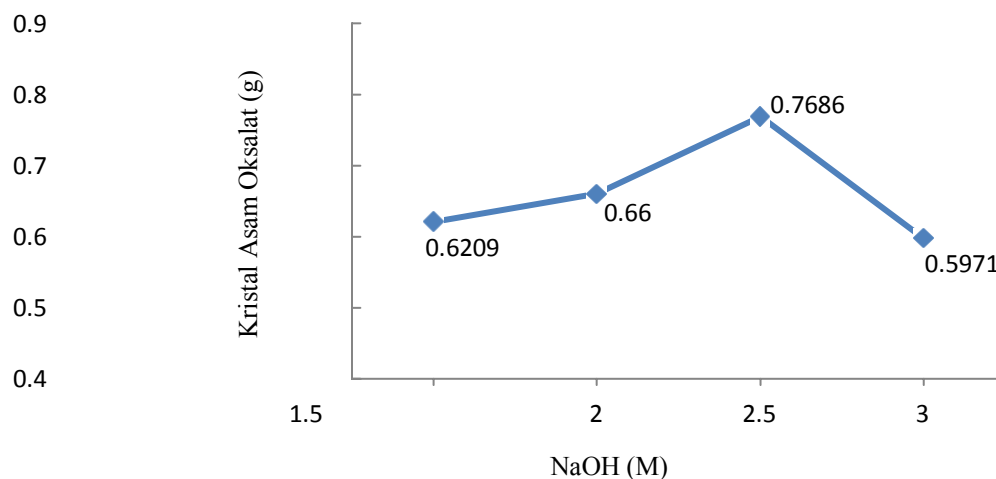
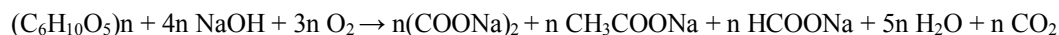
METODE PENELITIAN

3.1 Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan Bahan yang digunakan dalam penelitian ini FTIR (Spektrum IR : Bruker, Type : Alpha Sample Compartment RT-DLaTGS, Accesory : ATR eco Ge) dan AAS (Produksi : Perkin Elmer, Type : 3110).sekam padi, Kalsium Klorida (CaCl_2) (BM = 110,98 g/mol), Asam Sulfat (H_2SO_4) 97% ($\rho = 1,84$ kg/l), Natrium Hidroksida (NaOH) (BM = 40 g/mol), Kalium Permanganat (KMnO_4) (BM = 158,03 g/mol), Kalium Kromat (K_2CrO_4) (BM = 194,19 g/mol), Asam Oksalat ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) (BM = 126,07 g/mol), kertas saring dan aquades (semua bahan diproduksi oleh Merck).

3.2 Pengaruh Konsentrasi NaOH Terhadap Massa Kristal AsamOksalat

Pada proses ekstraksi asam oksalat dari sekam padi dilakukan variasi NaOH yaitu 1,5 M; 2 M; 2,5 M dan 3 M dengan suhu 90°C selama 3 jam. Pada proses ekstraksi ini selulosa akan mengalami pemecahan molekul sehingga terbentuk larutan natrium oksalat dan ampas sekam padi. Proses terbentuknya natrium oksalat pada proses ekstraksi ini ditunjukkan pada reaksi berikut ini:

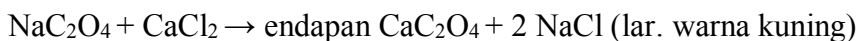


Gambar 2.1 : Pengaruh konsentrasi NaOH terhadap massa kristal asam oksalat

Gambar 2.1 menunjukkan bahwa konsentrasi NaOH yang paling optimum adalah 2,5 M dengan massa kristal asam oksalat 0,7686 g. Dari konsentrasi 1,5 M sampai konsentrasi 2,5 M terjadi kenaikan namun pada konsentrasi 3 M terjadi penurunan hal itu terjadi karena semakin tinggi konsentrasi NaOH maka akan mengakibatkan jumlah hasil hidrolisis bertambah, tetapi penggunaan larutan NaOH dengan konsentrasi yang lebih tinggi lagi akan mengakibatkan terurainya natrium oksalat yang dihasilkan menjadi CO₂ dan H₂O. Selain faktor konsentrasi yang mempengaruhi suhu juga mempengaruhi, dalam penelitian ini digunakan suhu 90 °C karena dengan semakin tinggi suhu yang digunakan maka konstanta kecepatan reaksi semakin besar sehingga reaksi dapat semakin cepat. Tetapi dengan suhu yang terlalu tinggi maka akan mengurai asam oksalat sehingga mengurangi hasil kristal asam oksalat, oleh sebab itu suhu reaksi dibatasi pada 90 °C karena asam terurai pada suhu 185 °C sampai 190 °C. Pada proses ekstraksi ini waktu juga mempengaruhi, waktu reaksi yang digunakan yaitu 3 jam karena waktu reaksi yang lama akan memperbesar kesempatan zat-zat pereaksi bersentuhan dan mengakibatkan natrium oksalat yang diperoleh relatif banyak, tetapi dengan waktu yang lebih lama lagi akan mengakibatkan reaksi lanjut terhadap hasil asam oksalat sehingga hasil kristal asam oksalat berkurang. Maka pada penelitian ini hidrolisis sekam padi diperlukan waktu sekitar 3 jam.

3.3 Pengaruh Konsentrasi CaCl₂ Terhadap Massa Kristal Asam Oksalat

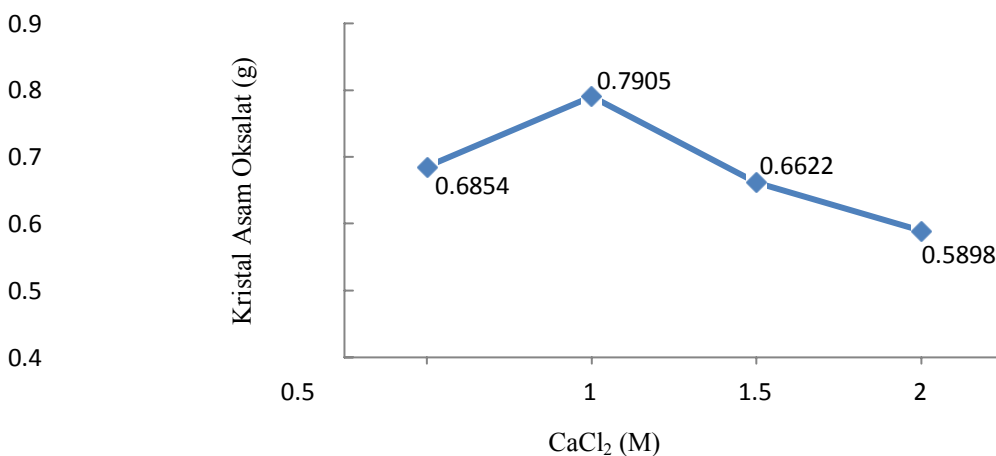
Pada proses pengendapan dan pengasaman pada penelitian ini menggunakan CaCl_2 yang divariasikan konsentrasinya 0,5 M; 1 M; 1,5 M dan 2 M dengan menggunakan H_2SO_4 2 M. Proses pembuatan endapan CaC_2O_4 pada proses pengendapan ditunjukkan pada reaksi berikut ini:



Dan pada proses pengasaman, endapan CaC_2O_4 dengan H_2SO_4 ditunjukkan pada reaksi berikut ini:



Pada hasil diatas menunjukkan bahwa pada konsentrasi 0,5 M sampai 1 M mengalami peningkatan massa kristal asam oksalat tetapi pada konsentrasi 1 M sampai 2 M terjadi penurunan massa kristal asam oksalat. Hal itu bisa terjadi karena semakin tinggi konsentrasi CaCl_2 maka unsur ion kalsium pada larutan akan semakin tinggi dan konsentrasi ion oksalat pada larutan selalu tetap sehingga apabila ion kalsium semakin tinggi di dalam larutan menyebabkan endapan kalsium oksalat semakin banyak dan hasil kristal asam oksalat juga semakin banyak.



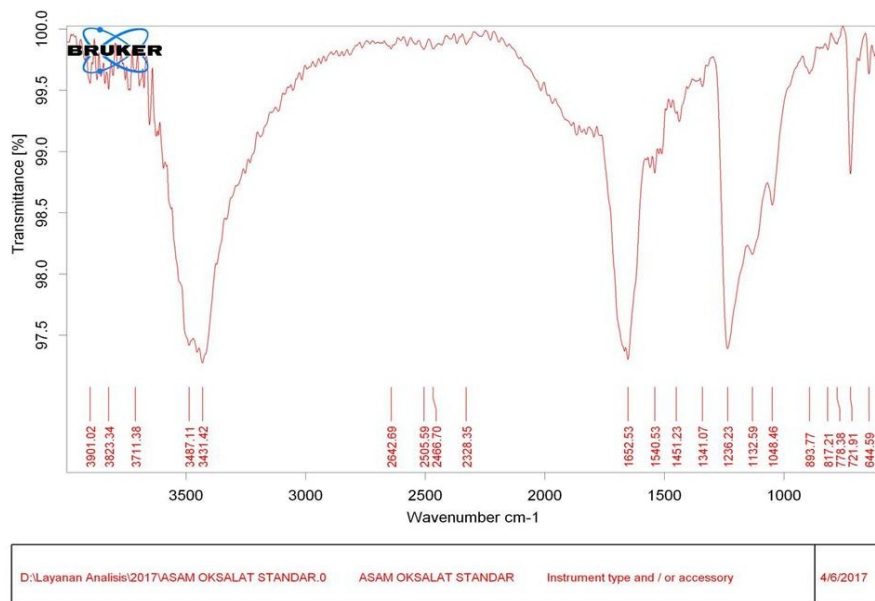
Gambar 3.3 Pengaruh konsentrasi CaCl_2 terhadap massa kristal asam oksalat

Penggunaan CaCl_2 dengan konsentrasi yang lebih tinggi lagi akan menyebabkan ion oksalat yang ada pada larutan seluruhnya telah bereaksi dengan kalsium atau tercapainya kondisi optimum yang terjadi pada konsentrasi 1 M, setelah tercapai pada kondisi optimum hasil kristal asam oksalat akan turun atau lebih sedikit.

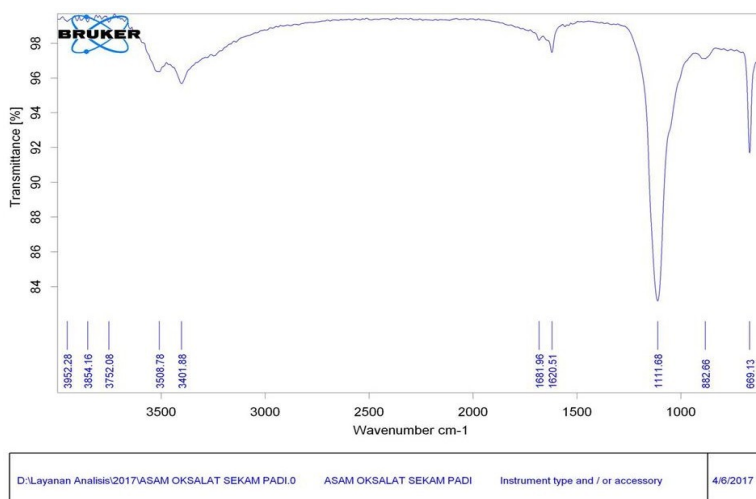
3.4 Analisis Asam Oksalat pada Sekam Padi

3.4.1 Analisis dengan Fourier Transform Infra Red (FTIR)

Analisis FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) bertujuan untuk mengidentifikasi gugus fungsi dari suatu senyawa pada panjang gelombang tertentu. Karakteristik FTIR ini dilakukan untuk membandingkan antara asam oksalat dari sekam padi dengan asam oksalat standar. Spektrum infra merah asam oksalat standar dan asam oksalat dari sekam padi dapat dilihat pada Gambar IV.3 dan Gambar IV.4 berikut:



Gambar 3.4 Karakteristik FTIR asam oksalat standart



Gambar 3.5 Karakteristik FTIR asam oksalat dari sekam padi

Dari Gambar 3.4 dan 3.5 dapat dilihat asam oksalat standar memiliki gugus hidroksil (O-H) pada bilangan gelombang 3200-3700 cm^{-1} dengan serapan kuat dan tajam pada 3431,42 cm^{-1} sedangkan asam oksalat dari sekam padi memiliki gugus hidroksil (O-H) pada bilangan gelombang 3401,88 cm^{-1} . Pada gugus yang lain juga didapatkan hal yang serupa, seperti pada gugus C=C yaitu pada bilangan gelombang 1652,53 cm^{-1} pada asam oksalat standar dan 1681,96 cm^{-1} pada asam oksalat dari sekam padi. Pada gugus C-O yaitu pada bilangan gelombang 1236,23 cm^{-1} pada asam oksalat standar dan 1111,68 cm^{-1} pada asam oksalat dari sekam padi. Dan pada gugus C-H yaitu pada bilangan gelombang 721,91 cm^{-1} pada asam oksalat standar dan 669,13 cm^{-1} pada asam oksalat dari sekam padi. Vibrasi regangan antara asam oksalat standar dengan asam oksalat dari sekam padi memiliki puncak yang tidak jauh berbeda. Hal ini membuktikan bahwa dalam penelitian ini, senyawa yang dihasilkan merupakan asam oksalat. Namun asam oksalat tersebut belum murni karena masih terdapat puncak-puncak lain yang bukan puncak spesifik dari asam oksalat.

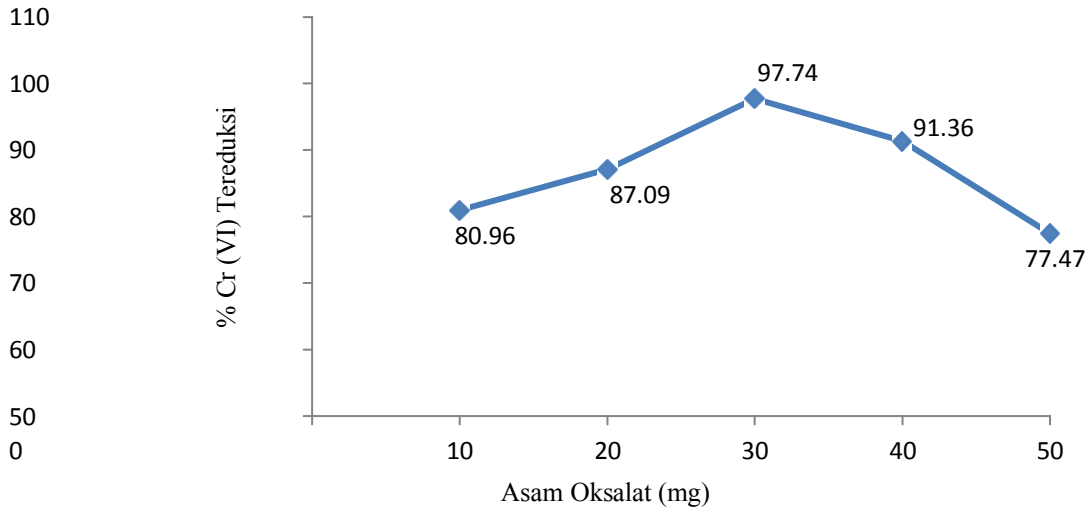
3.4.2 Analisis Asam Oksalat dari Sekam Padi Berdasarkan Metode Titrasi

Sebelum dilakukan analisis asam oksalat dari sekam padi, dilakukan terlebih dahulu standarisasi KMnO_4 dengan asam oksalat standart yang dititrasi. Hasil standarisasi KMnO_4 didapatkan hasil N KMnO_4 sebesar 0,263. Kemudian dilakukan analisa asam oksalat dari sekam padi dengan menitrasi asam oksalat dari sekam padi dengan KMnO_4 tersebut. Hasil analisis asam oksalat dari sekam padi dengan metode titrasi menggunakan KMnO_4 menghasilkan 0,173 % asam oksalat dalam 15 gr sekam padi. Hasil yang sedikit dikarenakan masih adanya faktor pengotor lainnya yang ada dalam asam oksalat tersebut.

3.5 Aplikasi Asam Oksalat dari Sekam Padi pada Proses Fotoreduksi Ion Cr(VI)

3.5.1 Pengaruh Massa Asam Oksalat Terhadap Proses Fotoreduksi Ion Cr(VI) dengan Menggunakan SinarUV

Pada penelitian ini dilakukan pengaruh massa asam oksalat pada proses fotoreduksi ion Cr(VI) dengan konsentrasi awal sebesar 5 ppm. Dengan variasi asam oksalat sebesar 10, 20, 30, 40 dan 50 mg.



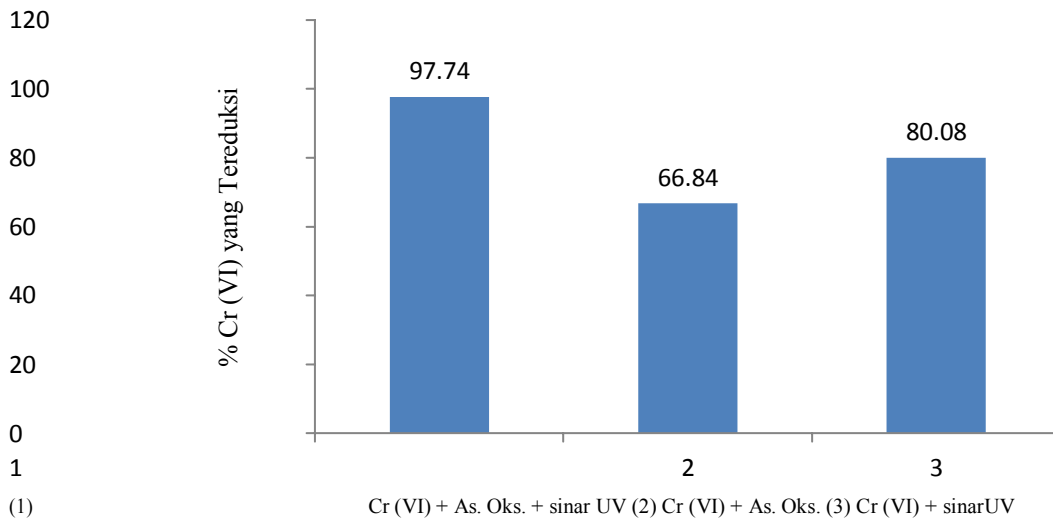
Gambar 3.6 Pengaruh Massa Asam Oksalat Terhadap Proses Fotoreduksi Ion Cr(VI) Dengan Menggunakan Sinar UV

Dari data grafik di atas menunjukkan bahwa massa asam oksalat yang paling optimum pada proses fotoreduksi ion Cr(VI) adalah 30 mg dengan persen Cr(VI) tereduksi 97.74 %. Pada massa asam oksalat 10 mg sampai 30 mg terjadi kenaikan hal itu dikarenakan dengan semakin banyaknya massa oksalat maka jumlah elektron dalam larutan juga akan semakin besar dan semakin banyaknya elektron dalam larutan mengakibatkan terjadinya kontak antara elektron dengan ion Cr^{6+} sehingga mengakibatkan ion Cr^{6+} yang tereduksi menjadi semakin tinggi. Namun terjadi penurunan pada massa asam oksalat 40 mg sampai 50 mg hal itu terjadi karena jika kandungan fotokatalis terlalu besar dapat menyebabkan penurunan efektivitas fotoreduksi (Ridho, 2008). Hal ini disebabkan fotokatalis yang besar jumlahnya tersebut dapat membentuk agregat-agregat yang berukuran lebih besar. Ukuran partikel yang lebih besar menyebabkan luas permukaan yang semakin kecil dan proses penyerapan cahaya menjadi rendah, sehingga efektivitas fotoreduksi menjadi berkurang (Ridho, 2008).

3.5.2 Pengaruh Penambahan Asam Oksalat dan Sinar UV terhadap Efektivitas Fotoreduksi Ion Cr(VI)

Untuk mempelajari pengaruh adanya fotokatalis asam oksalat, dilakukan proses fotoreduksi dengan dan tanpa menambahkan fotokatalis asam oksalat, dan untuk mengetahui pengaruh sinar UV, dilakukan proses dengan dan tanpa adanya sinar UV. Percobaan ini dilakukan pada kondisi optimum sesuai dengan hasil optimasi yang sudah dilakukan yaitu

menggunakan larutan 50 mL ion Cr(VI) dengan konsentrasi awal sebesar 5 ppm, fotokatalis asam oksalat seberat 30 mg dan penyinaran selama 24jam.



Gambar 3.7 Pengaruh Penambahan Asam Oksalat dan Sinar UV terhadap Efektivitas Fotoreduksi Ion Cr(VI)

Dari gambar 3.7 menunjukkan bahwa penambahan asam oksalat pada larutan Cr(VI) yang disinari UV menghasilkan efektivitas fotoreduksi yang tinggi yaitu 97,74 %, hal ini dapat terjadi karena adanya fotokatalis yang menghasilkan reduktor berupa elektron tidak hanya berasal dari fotolisis air, namun juga dari permukaan fotokatalis yang terkena sinar UV. Sedangkan penambahan asam oksalat pada larutan Cr(VI) tanpa menggunakan sinar UV menghasilkan efektivitas fotoreduksi yang rendah yaitu 66,84 %, penurunan konsentrasi ini bukan disebabkan oleh fotoreduksi, karena fotoreduksi terjadi jika ada sinar, melainkan akibat proses adsorpsi ke permukaan asam oksalat. Dan pada larutan Cr(VI) yang tidak ditambahkan asam oksalat tetapi menggunakan sinar UV menghasilkan efektivitas fotoreduksi sebesar 80,08 %, hal ini terjadi karena ion Cr(VI) menangkap elektron yang berasal dari fotolisis air, setelah terkena sinar UV. Akan tetapi dalam fotolisis air, jumlah elektron yang terbentuk relatif sedikit karena reaksi ini berjalan lambat, sehingga penurunan konsentrasi ion Cr(VI) juga relatif rendah.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan di atas maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Dengan adanya variasi konsentrasi NaOH pada proses ekstraksi asam oksalat dari sekam padi mencapai optimum pada konsentrasi 2,5 M sebesar 0,7686 g, namun

- untuk konsentrasi NaOH yang lebih tinggi hasil asam oksalat menurun.
2. Dengan adanya variasi konsentrasi CaCl_2 pada proses ekstraksi asam oksalat dari sekam padi mencapai optimum pada konsentrasi 1 M sebesar 0,7905 g, namun untuk konsentrasi CaCl_2 yang lebih tinggi hasil asam oksalat menurun.
 3. Dengan adanya variasi massa asam oksalat efektivitas fotoreduksi ion Cr(VI) mencapai optimum pada massa 30 mg sebesar 97,74 %, namun untuk massa asam oksalat yang lebih tinggi efektivitas fotoreduksi menurun.
 4. Fotoreduksi dengan penambahan asam oksalat dan sinar UV lebih baik dibandingkan tanpa asam oksalat dan sinar UV.

SARAN

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dalam pembuatan asam oksalat dengan menggunakan bahan lain yang mengandung polisakarida relatif tinggi.
2. Perlu kombinasi fotokatalis untuk mereduksi ion Cr(VI)
3. Sebagai upaya pengembangan penelitian perlu dilakukan analisis dengan menggunakan media lain untuk mendapatkan hasil yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Afrozi, A.S. (2010) : *Sintesis dan Karakterisasi Katalis Non Komposit Berbasis Titania Untuk Produksi Hidrogen Dari Gliserol dan Air*. Jakarta : Fakultas Teknik Jurusan Teknik Kimia Universitas Indonesia.
- Agra,I.B, Warnijati, S dan Suhendro, B. (1970) : *Pembuatan asam oksalat dan formiat dari zat-zat buangan*. Forum teknik.
- Azis, Vina. (2007) : *Analisis Kandungan Sn, Zn, dan Pb Dalam Susu Kental Manis Kemasan Kaleng Secara Spektrofotometri Serapan Atom*. Jogjakarta : FMIPA UII.
- Castellote, M., Bengtsson, N-Y.Ohama, dan D.V. Gemert. (Eds). (2011) : *Application of Titanium Dioxide Photocatalysis to Construction Mateials*. Boca Roton : CRCPress.
- Darmono. (1995) : *Logam dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. Jakarta : UI Press. Dinas Pertanian. (2010) : www.banyuwangikab.go.id/bda/bda-pertanian.html, diakses 20 Februari 2017.
- Direktorat Penyehatan Air. (1996) : *Dasar Penetapan Dampak Kualitas Air Terhadap Kesehatan Masyarakat*. Jakarta :Depkes.
- Giwangkara, EG. (2007) : *Spektrofotometri Inframerah*. Situs Kimia Indonesia. *Chem-is-try.org*, diakses 20 Februari2017.
- Hoffmann, M.R., Martin, S.T., Choi, W., dan Bahnemann, D.W., (1995) : *Environmental Application of Semiconductor Photocatalysis*, 95, 69-96
- Hutapea, Sanjaya. (2011) : *Prarancangan Pabrik Pembuatan Asam Oksalat dari Bahan Baku Eceng Gondok dengan Kapasitas 2500 ton/tahun*. Medan : Universitas Sumatera Utara.
- Khalil, L.B., Mourad, W., Rophael, M.W., (1998) : *Photocatalytic reduction of environmental pollutant Cr(VI) over some semiconductors under UV/visible light illumination App*,17-267.
- Kirk dan Othmer. (1981) : *Encyclopedia of Chemical Technology*. New York: The Interscience Encyclopedia,Inc.
- Kirk dan Othmer. (2007) *Encyclopedia of Chemical Technology*. New York : The Interscience Encyclopedia, Inc.
- Kirk, R.E., dan Othmer, D.F., (1983) : *Encyclopedia of Chemical Technology*. New York :

The Interscience Encyclopedia, Inc.

- Kotaz, J. (2000) : *Environmental Pollutan*. <http://www.chromiummetal/useindustrial>. diakses 16 Maret 2017.
- Kozuh, N., Stupar, J., dan Gorenc, B., (2000) : *Environ. Sci. Technol*, 34, 112-119. Low, K.S., Lee, C.K., dan Tan, S.G. (1997) : *Sorption of Trivalent Chromium from Tannery Waste by Moss*, 18, 449-454.
- Mastuti. (2005) : "*Pembuatan Asam Oksalat dari Sekam Padi*", 1, 13-17
- M. Dakshene, A. Rani, dan P.D. Sharma, (2013) : *Removal and kinetics of oxalic acid adsorption from aqueous waste over alkali activated power plant fly ash*, *International Journal of Chemical Studies*, 1, 14-120.
- Naimah, Siti., dan Ermawati, Rahyani. (2011) : *Efek Fotokatalis Nano TiO₂ Terhadap Mekanisme Antimikroba E-Coli dan Salmonella*. *Jurnal Riset Industri*, 2 :113-120.
- Palar, Heryando. (2004) : *Pencemaran & Toksikologi Logam Berat*. Jakarta : Rineka Cipta.
- Park, N.G., G. Schlichthorl, J. Van de Lagemaat, H.M. Cheong, A. Mascarenhas, A.J. Frank. (2004) : *Morphological and Photoelectrochemical Characterization of Core-Shell Nanoparticle Film for Dye-Sensitized Solar Cells: Zn-O Type Shell on SnO₂ and TiO₂ Cores*, *Langmuir*.Tokyo.
- Ridho, (2008) "*Imobilisasi TiO₂ kedalam resin penukar kation dan aplikasinya sebagai fotokatalis dalam proses fotoreduksi ion Hg (II)*", Tesis S-2, Jurusan FMIPA, UGM.
- Saryanto, H., (2011) "*High Temperature Oxidation Behavior of Fe₈₀Cr₂₀ Alloys Implanted with Lanthanum and Titanium Dopant*" Master Thesis, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia, Malaysia.
- Slamet, Soemirat, Juli. (2006) : *Kesehatan Lingkungan*. Yogyakarta : Gadjah Mada Univ Press.
- Stumm and Morgan, J.J.. (1996) : *Aquatic Chemistry, Chemical Equilibria and Rates in Natural Waters*, Third edition, A. Wiley-Interscience Publication, John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Sutrisno. Totok. (2004) : *Teknologi Penyediaan Air Bersih*. Jakarta : Rineka Cipta. Uripito
- Trisno Santoso, dkk. (2006) : *Kajian Sentisisasi Asam Fulvat Pada Fotoreduksi Cr (VI) Menjadi Cr (III) oleh Fotokatalis TiO₂*. Yogyakarta : UGM. *Jurnal. Indo. J. Chem.* 2007, 7(1), 25-31.
- V. K. PAREEK, A. A. ADESINA, *Handbook of Photochemistry and Photobiology*, American Scientific Publisher, H. S. Nalwa, Editor, Stevenson Ranch, CA. (2003)

West, A.R., (1984) : *Solid State Chemistry and Its Applications*. 1st Edition. JohnWiley & sons, New York. Hal 121-123.

Widowati, S., (2001) : *Pemanfaatan Hasil Samping Penggilingan Padi dalam Menunjang Sistem Agroindustri di Pedesaan*, Bulletin AgroBio, 4(1), 33- 38.

