

PENURUNAN KADAR SIANIDA DALAM LIMBAH CAIR TAPIOKA MENGUNAKAN FOTOKATALIS TiO_2

Kapti Riyani, Tien Setyaningtyas

Program Studi Kimia, Jurusan MIPA, Fakultas Sains dan Teknik UNSOED

ABSTRACT

Cyanide compound is one of the organic material contained in wastewater of tapioca production, which is a highly toxic substance for life. According to the results of physical and chemical properties of liquid waste samples of tapioca starch in the deposition process in the industry taken from Pancasan Village, Ajibarang, Banyumas, cyanide concentration in the effluent was 3.8 mg/L while the maximum level of cyanide allowed in industrial wastewater are 0.5 mg/L. Therefore, a method to reduce the concentration of cyanide is needed. One of the method is using of TiO_2 catalyst. This study was aimed to determine the effect of the pH and UV irradiation time on photocatalytic activity of TiO_2 to reduce the levels of cyanide on tapioca wastewater from PT. HARUM BUNGA, Purbalingga.

This study uses a thin layer of TiO_2 photocatalyst prepared by suspension of TiO_2 coating on the glass plate that was dried at 120°C and conducted with variations of pH that were 2, 5, 7, 8, 9, 10, and 13 in the wastewater to determine the optimum pH, continued by time variation of UV radiation for 1, 2, 4, 6, 8, 10, and 12 hours. The results showed that the largest percentage decrease in the concentration of cyanide occurs at pH 9 that is equal to 88.6361% and the largest percentage decrease in the concentration of cyanide by irradiation with UV light occurs after 10 hours irradiation, up to 93.7929%.

Keyword: **photocatalyst, cyanide, TiO_2**

PENDAHULUAN

Industri tapioka adalah salah satu industri yang berkembang pesat di Indonesia. Industri ini menghasilkan limbah padat dan cair. Limbah padat ini dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan, seperti; limbah padat yang berasal dari proses pengupasan ketela pohon dari kulitnya yaitu berupa kotoran dan kulit serta pada waktu pemrosesan yang berupa ampas dimana sebagian besar berupa serat dan pati dapat dimanfaatkan sebagai makanan ternak, pupuk, bahan campuran saus, dan obat nyamuk bakar. Sedangkan Limbah cair yang dihasilkan dari proses pembuatan, baik dari pencucian bahan baku sampai pada proses pemisahan pati dari airnya dapat dimanfaatkan untuk minuman *nata de cassava*. Limbah industri tapioka yang mempunyai kandungan bahan organik

yang tinggi, apabila tidak diolah dengan baik dan benar dapat menimbulkan berbagai masalah bagi kesehatan, misalnya: gatal-gatal, timbul bau yang tidak sedap, air limbah bila masuk ke dalam tambak akan merusak tambak sehingga ikan mati, estetika sungai berubah dan lain-lain (Wahyuadhy, 1996).

Senyawa sianida adalah salah satu bahan organik yang terdapat dalam limbah tapioka yang merupakan suatu substansi yang sangat beracun bagi kehidupan makhluk hidup (Ariesyady, 1996). Sianida terdapat di alam yang secara alamiah memang ada ataupun menjadi ada karena kesengajaan dari manusia dalam memenuhi kebutuhan hidupnya. Menurut hasil pemeriksaan sifat fisika kimia contoh air limbah tapioka pada proses pengendapan pati di pabrik tapioka Desa Pancasan,

Kecamatan Ajibarang, Kabupaten Banyumas, kandungan sianida dalam limbah tersebut adalah sebesar 3,8 mg/L sedangkan berdasarkan keputusan Menteri KLH No. Kep.03/MenKLH/II/1991 kadar maksimum sianida yang diperbolehkan dalam baku mutu air limbah industri tapioka adalah 0,5 mg/L dan beban pencemaran maksimumnya adalah 0,020 kg/ton produk. Karena tingginya kandungan sianida dalam limbah tapioka tersebut, maka diperlukan suatu metode untuk menurunkan sianida tersebut. Salah satu metode alternatif yang potensial untuk mengolah limbah tapioka yang mengandung sianida secara simultan adalah dengan proses fotokatalisis.

Mekanisme dasar yang memungkinkan terjadinya proses fotokatalisis adalah terbentuknya pasangan elektron-hole pada permukaan katalis semikonduktor ketika diinduksi oleh energi foton yang sesuai (Gunlazuardi, 2001). Proses fotokatalisis dengan katalis semikonduktor telah terbukti mampu mendegradasi secara efektif berbagai jenis polutan organik, baik dalam fasa gas maupun cair. Oksidasi fotokatalisis dapat mendegradasi senyawa-senyawa organik dengan mengubahnya menjadi produk inorganik yang aman bagi lingkungan, yaitu CO_2 dan H_2O (Slamet, 2006). Dalam penelitian ini, digunakan fotokatalis TiO_2 karena TiO_2 mempunyai aktivitas fotokatalis yang tinggi, mudah didapat, serta mempunyai kestabilan kimia dan ketahanan fotokorosi yang baik (Slamet, 2008).

Ada beberapa hal yang mempengaruhi aktifitas fotokatalis TiO_2 yaitu konsentrasi senyawa organik, pH dari medium, serta sumber sinar yang digunakan (Dingwang, 1999 ; Nguyen, 2003). Diharapkan penelitian ini dapat memberikan informasi tentang penggunaan fotokatalis TiO_2 dalam menurunkan kadar sianida dan sebagai

metode alternatif dalam menangani pencemaran lingkungan.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Reaktor fotokatalitik, pengaduk magnetik, pH meter, alat-alat gelas, spektrofotometer sinar tampak, TiO_2 , aquades, KCN, etanol, CuSO_4 , HCl dan NaOH.

Pembuatan Lapis tipis TiO_2

Plat kaca berukuran 3 cm x 7 cm dimasukkan ke dalam suspensi TiO_2 15% (b/v), selanjutnya plat kaca dikeringkan dengan hair dryer. Plat kaca selanjutnya dipanaskan pada suhu 120 °C selama 1 jam.

Pengaruh pH Terhadap Aktivitas Fotokatalis TiO_2

Sebanyak 5 gelas beaker 500 ml yang berisi 250 ml limbah tapioka, masing-masing dikondisikan dengan pH 2; 5; 7; 8; 9; 10 dan 13 dengan cara menambahkan HCl 1 N atau NaOH 1 N ke dalam sampel air limbah. Sampel yang telah dilakukan variasi pH kemudian dilakukan analisis kadar sianida awal. Lapis tipis TiO_2 dimasukkan pada sampel air limbah dan ditempatkan dalam reaktor tertutup sambil disinari lampu ultraviolet selama 5 jam dan dianalisis kadar sianidanya setelah penambahan fotokatalis TiO_2 .

Pengaruh Waktu Terhadap Aktivitas Fotokatalis TiO_2

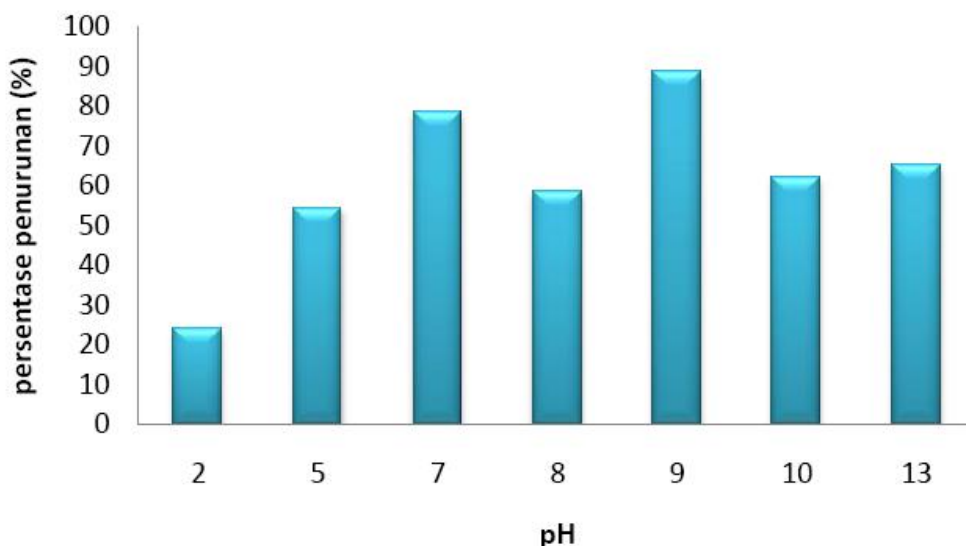
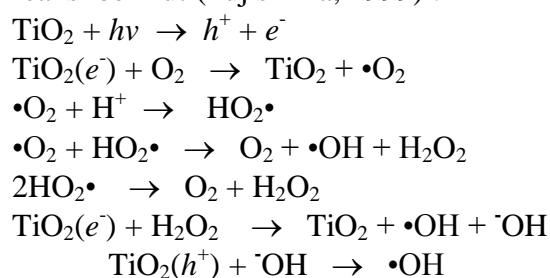
Sampel air limbah sebanyak 250 mL dimasukkan ke dalam gelas beker 500 mL kemudian dikondisikan pada pH optimum. Kemudian lapis tipis TiO_2 dimasukkan ke dalam sampel air limbah yang telah dikondisikan pada pH optimum dan ditempatkan dalam reaktor tertutup sambil disinari lampu ultraviolet. Penentuan kadar sianida dilakukan setelah penyinaran selama 0, 1, 2, 4, 6, 8, 10 dan 12 jam.

HASIL DAN PEMBAHASAN
Pengaruh pH Limbah Tapioka Terhadap Aktivitas Fotokatalis TiO₂

Konsentrasi sianida pada limbah cair industri tapioka yang digunakan sebesar 4,2910 mg/L. Salah satu faktor yang mempengaruhi aktivitas fotokatalis TiO₂ adalah pH. Variasi pH yang digunakan adalah 2, 5, 7, 8, 9, 10 dan 13. Kadar sianida masing-masing pH dianalisis sebelum dan sesudah penambahan lapis tipis TiO₂ dengan penyinaran menggunakan lampu UV selama 5 jam. Hasil dari pengaruh pH terhadap aktifitas fotokatalis TiO₂ dalam menurunkan kadar sianida dalam limbah cair tapioka dapat dilihat pada Gambar 1.

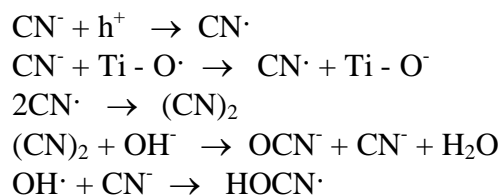
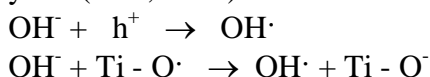
Dari Gambar 1 terlihat bahwa pengaruh pH terhadap aktifitas fotokatalis TiO₂ menunjukkan bahwa persentase penurunan kadar sianida dalam limbah cair tapioka paling besar terjadi pada pH 9 yaitu 88,6361% dengan

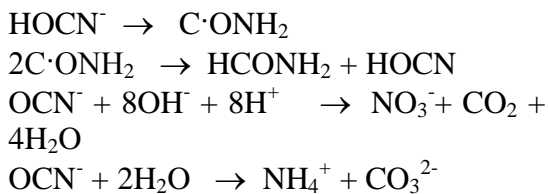
konsentrasi akhir limbah 0,9801 mg/L. Hal tersebut disebabkan pada pH tersebut banyak terdapat ion hidroksil yang menyebabkan semakin tingginya pembentukan radikal $\cdot\text{OH}$ yang dihasilkan dari reaksi h^+ dengan ion hidroksil. Radikal $\cdot\text{OH}$ tersebut digunakan untuk mendegradasi senyawa organik termasuk sianida. Mekanisme reaksi fotokatalitik TiO₂ dalam pembentukan radikal hidroksil secara umum dapat dijelaskan pada persamaan reaksi berikut (Fujishima, 1999) :



Gambar 1. Pengaruh pH terhadap aktifitas fotokatalis TiO₂

Menurut Pollema (1992), sianida akan teroksidasi menjadi sianat kemudian menjadi nitrat dengan mekanisme reaksi yaitu (Kim, 2003) :



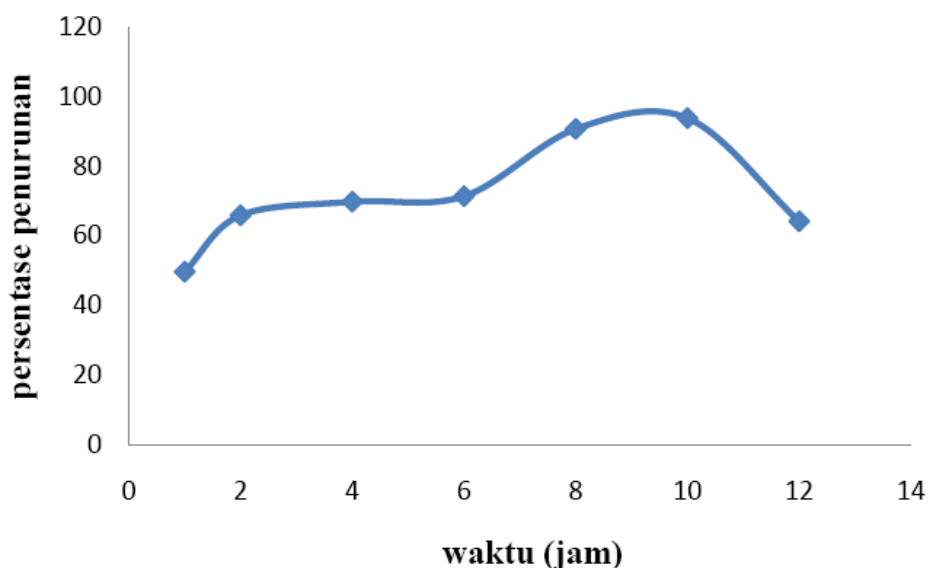


Berdasarkan reaksi di atas, persentase penurunan sianida meningkat dan mencapai optimum pada pH 9, setelah itu menurun pada pH 13. Hal tersebut disebabkan pada suasana yang semakin basa, partikel TiO_2 semakin bermuatan negatif dikarenakan semakin banyak OH^- yang terikat pada permukaan TiO_2 . Banyaknya OH^- yang terikat pada permukaan TiO_2 menghalangi adsorpsi CN^- ke permukaan TiO_2 sehingga CN^- tidak bisa bereaksi dengan TiO_2 . jika CN^- tidak bisa berinteraksi dengan TiO_2 ,

maka proses fotooksidasi sianida tidak dapat terjadi (Peral, 1990).

Pengaruh waktu penyinaran UV terhadap aktifitas fotokatalis TiO_2

Aktivitas fotokatalis TiO_2 juga dipengaruhi oleh waktu penyinaran. Penentuan pengaruh waktu penyinaran UV terhadap aktivitas fotokatalis TiO_2 dilakukan dengan menggunakan limbah cair tapioka yang dikondisikan pada pH optimum, kemudian pengambilan sampel dilakukan dengan variasi waktu penyinaran 1, 2, 4, 6, 8, 10, dan 12 jam di dalam reaktor fotokatalitik. Hasil analisis kadar sianida yang diperoleh dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Pengaruh Waktu Penyinaran UV Terhadap Aktivitas Fotokatalis TiO_2

Gambar 2. menunjukkan persentase penurunan kadar sianida dalam limbah cair tapioka paling besar terjadi pada waktu penyinaran 10 jam dengan persentase penurunan sebesar 93,7929 %, konsentrasi sianida sebesar 0,2663 mg/L. Hal tersebut menunjukkan bahwa persentase penurunan kadar sianida sebanding dengan waktu penyinaran yang berarti semakin lama waktu penyinaran, semakin banyak energi foton ($h\nu$) yang diserap TiO_2

sehingga semakin banyak elektron pada pita valensi yang tereksitasi pada pita konduksi. Kondisi ini menyebabkan h^+ atau lubang positif yang terbentuk juga semakin banyak. Lubang positif tersebut akan bereaksi dengan H_2O atau ion hidroksil membentuk radikal $\cdot\text{OH}$ yang kemudian digunakan untuk menguraikan senyawa organik termasuk sianida dalam limbah cair tapioka (Hoffman, 1995).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Fotokatalis TiO₂ dapat menurunkan kadar sianida dalam limbah cair tapioka
2. pH optimum yang diperoleh untuk menurunkan kadar sianida dalam limbah cair tapioka adalah 9 dengan persentase penurunan sebesar 88,6361%.
3. Waktu penyinaran dengan sinar ultraviolet mempengaruhi aktifitas fotooksidasi sianida dengan waktu optimum 10 jam dan persentase penurunannya sebesar 93,7929 %.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariesyady, D.H., 1996, Penentuan Toksisitas Kalium Ferrocyanatum dengan Mengacu kepada Konsentrasi Sianida pada Air Limbah Industri Tapioka Melalui Uji Hayati terhadap *Daphnia magna* straus, *Tesis*, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Bandung.
- Dingwang Chen and Ajay K. Ray. (1999). Elimination of Mercury in Wastewater by Heterogeneous Photocatalysis., *The 8th Congress of Asia Pacific Confederation of Chemical Enggineering., August 16-19, 1999, Seoul, Korea*
- Fujishima, R.C., 1999, *Biochemical Application of TiO₂ Photocatalysis*, The University of Tokyo-Press, Tokyo.
- Gunlazuardi, J., 2001, *Fotokatalitik pada Permukaan TiO₂*, FMIPA Universitas Indonesia, Jakarta.
- Hoffman, R.M., 1995, *Environmental Applications of Semiconductor of Photocatalysis*, Chem Rev. 95, 69-96.
- MNLH, 1995, P *Pengolahan dan Pemanfaatan Limbah Tapioka* (on-line). [http : // www.Menlh.go.id/usaha-kecil/Pemanfaatan Limbah](http://www.Menlh.go.id/usaha-kecil/Pemanfaatan%20Limbah). Htm. Diakses tanggal 4 Maret 2009.
- Peral, J., Munoz, J., Domenech, X., 1990, Photosensitized Cyanide Oxidation Over Titanium dioxide, *Journal of Photochemistry and Photobiology, A : Chemistry*, 55, 251-257.
- Kim, J.H., Ho-In Lee, 2003, Photocatalytic Oxidation of Aqueous Cyanide Using TiO₂ and Surface-Modified TiO₂, *Journal of Photochemistry and Photobiology, A : Chemistry*, 66, 367-374.
- Nguyen, V.N.H., Amal R., Beydoun D. (2003). Effec of Formate and Methanol on Photoreduction/removal of Toxic Cadmium Ion Using TiO₂ Semiconductor as Photocatalyst., *Chem. Eng. Sci.*, 58 (19) 4429-4439
- Peral, J., Munoz, J., Domenech, X., 1990, Photosensitized Cyanide Oxidation Over Titanium dioxide, *Journal of Photochemistry and Photobiology, A : Chemistry*, 55, 251-257.
- Pollema, C. H., Hendrix, J. L., Milosavljevic, E. B., Solujic, L., Nelson, J. H., 1992, Heterogeneous Photocatalytic Oxidation of Cyanide to Nitrat at Titania Particle, *Journal of Photochemistry and Photobiology, A : Chemistry*, 66, 235-244.

Slamet, S. Bismo, Rita A., dan Zulaina, S., 2006, Penyisihan Fenol dengan Kombinasi Proses Absorpsi dan Fotokatalisis Menggunakan Karbon Aktif dan TiO₂, *Jurnal Teknologi*, Fakultas Teknik, Depok, UI.

Slamet, Meta, E., Dan S. Bismo, 2008, Modifikasi Zeolit Alam Lampung dengan Fotokatalis TiO₂ Melalui Metode Sol Gel dan Aplikasinya untuk Penyisihan Fenol, *Jurnal Teknologi*, Fakultas Teknik, Depok, UI.

Wahyuadhy, S., 1996, *Teknologi Pengendalian Dampak Lingkungan Industri Penyamakan Kulit* (on-line), Disampaikan dalam Raker Pengendalian Pencemaran Air Akibat Limbah Usaha Kecil, [Http://www.menlh.go.id/usaha-kecil/](http://www.menlh.go.id/usaha-kecil/). Diakses tanggal 4 Maret 2010.