

# Prototipe Pengolahan Air Sistem Semi Kontinu Secara Fotokatalisis Menggunakan Nanopartikel TiO<sub>2</sub>

Ika Widiana<sup>1\*)</sup>, Kurnia Widhi Astuti<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Analisis Kimia, Politeknik AKA Bogor  
Jl. Pangeran Sogiri No.283, Tanah Baru, Bogor Utara, Kota Bogor, Jawa Barat 16154

<sup>\*</sup>Email: widiana.ika@gmail.com

(Received : 9 November 2021; Accepted: 13 Desember 2021; Published: 21 Desember 2021)

## Abstrak

Pengolahan air dengan menggunakan fotokatalisis merupakan salah satu metode yang paling banyak dikembangkan untuk menyelesaikan permasalahan pasokan air bersih dikarenakan sifatnya yang murah, ramah energi dan ramah lingkungan. Pada penelitian ini dikembangkan *Prototipe* Pengolahan Air Sistem Semi Kontinu Secara Fotokatalisis Menggunakan Nanopartikel TiO<sub>2</sub> yang selain dapat digunakan untuk pengolahan air limbah sekaligus dapat digunakan sebagai media pengajaran di Politeknik AKA Bogor khususnya untuk mata kuliah yang berhubungan dengan pengolahan limbah dan proses pemisahan. Hasil uji coba yang telah dilakukan dengan mengolah air limbah domestik yang berasal dari sekitar Politeknik AKABogor, dan dengan kondisi proses laju pengolahan 3 liter/jam dan variasi katalis TiO<sub>2</sub> sebesar 0 hingga 100 ppm menunjukkan bahwa *prototipe* yang dihasilkan mampu menurunkan nilai kekeruhan dan *Total Dissolved Solid* (TDS) air limbah. Penurunan kekeruhan dan TDS terbesar terjadi pada variasi konsentrasi katalis 100 ppm dengan penurunan 71,29% dan 18,97% masing-masing untuk kekeruhan dan TDS.

*Kata kunci* : Fotokatalisis; TiO<sub>2</sub>, Prototipe

## Abstract

*Water treatment using photocatalysis is one of the most widely developed methods to solve the problem of clean water supply because it is cheap, energy-friendly, and environmentally friendly. In this study, a Photocatalytic Semi-Continuous System Water Treatment Prototipe developed using TiO<sub>2</sub> Nanoparticles, which apart from being able for wastewater treatment, can also be used as a teaching medium at the Polytechnic of AKA Bogor, especially for courses related to sewage treatment and separation processes. The results of trials that carried out by treating domestic wastewater from around the AKA Polytechnic, and with the condition of the processing rate of 3 liters/hour and variations of TiO<sub>2</sub> catalyst of 0 to 100 ppm indicate that the prototipe can reduce the value of turbidity and Total Dissolved solids (TDS) wastewater. The most significant decrease in turbidity and TDS occurred at 100 ppm catalyst concentration variation with reduction of 71.29% and 18.97% for turbidity and TDS, respectively.*

*Keywords*: Photocatalytic, TiO<sub>2</sub>, Prototipe

---

## PENDAHULUAN

Air merupakan kebutuhan vital hidup sehari-hari. Hampir semua aspek kehidupan membutuhkan air bersih untuk kebutuhan air minum, memasak, mandi maupun mencuci. Namun demikian, secara umum pemenuhan kebutuhan air bersih saat ini sudah mulai berkurang oleh menurunnya kualitas maupun kuantitas air di lingkungan kita (Sutanto *et al.*, 2011).

Sumber air bersih sangat penting bagi kelangsungan kehidupan. Lebih dari satu miliar orang di seluruh dunia tidak memiliki akses air minum yang memenuhi syarat, dan hampir dua setengah miliar orang tidak memiliki akses ke

sanitasi yang memadai. Untuk menyediakan air dan menyelesaikan masalah kekurangan pasokan air tawar, air daur ulang telah disebut-sebut sebagai solusi (Tansel, 2008). Secara umum pengolahan air dapat dilakukan secara konvensional maupun nonkonvensional. Pengolahan air secara konvensional terdiri dari kombinasi fisik, proses kimia, dan biologi untuk menghilangkan padatan termasuk koloid, bahan organik, nutrisi, kontaminan terlarut (logam, organik dan lain sebagainya). Sedangkan pengolahan nonkonvensional dapat berupa proses elektrokimia, pemisahan membran, nanofiltrasi, pertukaran ion,

oksidasi dan oksidasi tingkat lanjut (Gregorio et al., 2018). Pada beberapa tahun terakhir, proses fotokatalitik telah menunjukkan potensi besar sebagai teknologi pengolahan yang murah, ramah lingkungan dan berkelanjutan untuk menyelaraskan dengan skema *zero waste* dalam industri pengolahan air / air limbah. Kemampuan teknologi oksidasi canggih ini telah banyak digunakan didemonstrasikan untuk menghilangkan senyawa organik persisten dan mikroorganisme dalam air (Chong et al., 2010).

Penggunaan berbagai bentuk fotolisis atau degradasi fotokatalitik (seperti UV fotolisis, katalis  $TiO_2$ , UV fotolisis) efektif dalam menurunkan banyak senyawa organik terhalogenasi, beberapa senyawa non-halogen organik, dan logam berat dalam situasi tertentu (Suchaya, 2016).

Kata "fotokatalisis" berasal dari dua kata Yunani "foto" dan "katalisis" yang dapat diartikan sebagai mempercepat terjadinya reaksi dengan memanfaatkan sinar matahari (Parson, 2004). Namun istilah ini dapat digunakan untuk mendefinisikan suatu proses untuk mengaktifkan zat dengan menggunakan cahaya (UV / Visible / *Sunlight*). Fotokatalis mengubah laju reaksi tanpa keterlibatan zat tersebut selama proses transformasi kimia. Secara umum, proses fotokatalisis memanfaatkan foton untuk mengaktifkan fotokatalis untuk sehingga menghasilkan radikal hidroksil yang mampu mengoksidasi polutan untuk membentuk produk yang kurang berbahaya (Kanmani et al., 2020).

Nanofotokatalis telah terbukti dapat memperluas kemampuan oksidasi karena permukaan material yang besar dapat membantu degradasi polutan secara lebih efektif. Nanopartikel seperti logam berbasis valensi nol, semikonduktor dan beberapa jenis bimetal banyak digunakan untuk degradasi polutan lingkungan antara lain pewarna azo, pestisida organoklorin dan nitroaromatika. Nanofotokatalis oksida logam yang paling umum dan signifikan adalah  $SiO_2$ ,  $ZnO$ ,  $TiO_2$ , dan  $Al_2O_3$ .

Titanium dioksida ( $TiO_2$ ) merupakan salah satu fotokatalis yang sangat baik dari semua bahan yang ada karena beberapa alasannya seperti stabilitas yang tinggi, harganya yang relatif murah, tidak beracun, dan aktivitas fotokatalisis yang tinggi (Bhanvase et al., 2017).

Pada penelitian ini dibuat prototipe Pengolahan Air Sistem Semi Kontinu Secara Fotokatalisis Menggunakan Nanopartikel  $TiO_2$  untuk mengolah Air Limbah Domestik. Rancangan prototipe ini juga dapat dimanfaatkan sebagai media ajar bagi mata kuliah yang membahas mengenai pengolahan limbah dan proses pemisahan. Sehingga mahasiswa dapat melihat lebih dekat bagaimana proses pengolahan limbah dengan metode fotokatalisis.

## BAHAN DAN METODE

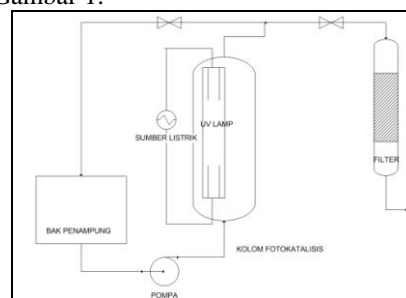
Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari peralatan penyusun prototipe dan peralatan uji. *Prototipe* disusun oleh penampung, pompa, kolom fotokatalisis, dan filter. Peralatan pengujian terdiri dari pH meter, turbidimeter, dan TDS meter. Bahan yang digunakan dalam penelitian terdiri dari limbah domestik yang didapatkan di lingkungan Politeknik AKA Bogor,  $TiO_2$  (diperoleh dari pasaran dengan ukuran  $<250nm$ ) dan aquabides.

Metode penelitian terdiri dari 3 tahapan yaitu pembuatan prototipe, uji coba prototipe dan pengujian air hasil uji coba. Uji coba prototipe dilakukan dengan mengolah air limbah domestik secara fotokatalitik dengan variasi katalis  $TiO_2$  10-100 ppm. Sumber air limbah didapatkan dari sekitar Politeknik AKA. Air disaring dengan menggunakan saringan kasar. Air yang telah disaring kemudian dimasukkan ke dalam bak penampung dan ditambah dengan nanopartikel  $TiO_2$ . Setelah tercampur homogen, maka pompa dinyalakan.

Air limbah dialirkan ke kolom fotokatalitik dimana terjadi penguraian polutan. Laju pengolahan air diatur pada 6 L/jam. Setelah 1 jam air dialirkan ke filter arang aktif dengan cara menutup katup sirkulasi dan membuka katup filter. Air hasil pengolahan yang telah melewati proses filtrasi kemudian dipisahkan dari katalis  $TiO_2$  dengan menggunakan sentrifuge selama 10 menit dengan kecepatan 3000 rpm. Hasil akhir diuji karakteristik pH, kekeruhan dan *Total Dissolved Solid* (TDS).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Rancangan prototipe alat pengolahan air limbah dengan metode fotokatalisis diperlihatkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Rancangan prototipe pengolahan Limbah secara fotokatalisis

Prototipe dibuat dengan spesifikasi seperti dijelaskan pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Prototipe

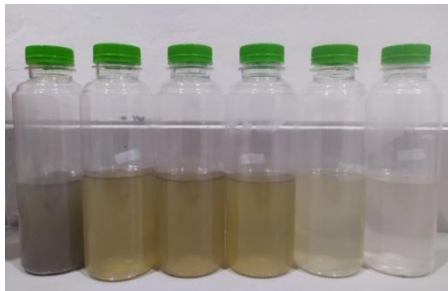
No	Komponen Alat	Spesifikasi Alat
1	Pompa	Yamano Head 1,8 m
2	Lampu UV	100 Watt
3	Kolom Fotokatalisis	Kapasitas 3 Liter
4	Filter	500 ml arang aktif

Komponen-komponen dengan spesifikasi tersebut kemudian dirangkai dilengkapi dengan sistem perpipaan dan katup penghubung sehingga menghasilkan suatu rangkaian alat prototipe pengolahan limbah seperti yang ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Prototipe pengolahan air sistem semi kontinu secara fotokatalisis menggunakan nanopartikel TiO<sub>2</sub>

Uji coba prototipe dilakukan dengan menggunakan bahan baku air limbah domestik yang didapatkan di lingkungan Politeknik AKA. Dengan variabel proses laju alir sebesar 3 liter/jam dan konsentrasi katalis TiO<sub>2</sub> bervariasi antara 0-100 ppm didapatkan hasil olahan seperti ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil uji coba prototipe pengolahan air secara fotokatalisis dengan variasi konsentrasi katalis 0 ppm (paling kiri) hingga 100 ppm (paling kanan).

Hasil olahan terlihat penurunan yang signifikan dari parameter kekeruhan. Hasil lengkap pengujian karakteristik pH, kekeruhan dan *total dissolved solids* ditampilkan pada Tabel 2.

Tahapan utama mekanisme fotokatalisis pada semikonduktor TiO<sub>2</sub> yang meliputi: pembentukan muatan oleh foton, rekombinasi pembawa muatan (hole) apabila dalam sistem terdapat substrat yang dapat teroksidasi maka lubang/hole pada pita valensi (hvb<sup>+</sup>) akan menginisiasi reaksi oksidasi terhadap substrat tersebut, dan apabila di dalam sistem terdapat suatu oksidator (misal oksigen) maka dapat terjadi inisiasi

reaksi reduksi oleh elektron pada pita konduksi. Reaksi fotoreduksi terkatalsis dan reaksi termal lanjutan (misal reaksi hidrolisis atau reaksi dengan oksigen aktif) akan menghasilkan gas CO<sub>2</sub>, H<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, dan H<sub>2</sub>O (Umar, 2019).

Penggunaan katalis TiO<sub>2</sub> dalam bentuk suspensi menunjukkan bahwa senyawa intermediet maupun produk yang bersifat toksik dapat diuraikan. Namun kelemahan sistem suspensi ini adalah pemisahan TiO<sub>2</sub> memerlukan waktu yang lama dan biaya yang mahal serta daya tembus sinar UV yang terbatas (Djarwanti *et al.*, 2009).

Tabel 2. Karakteristik air hasil pengolahan secara fotokatalisis

No	Konsentrasi TiO <sub>2</sub> (ppm)	pH	Turbidity (NTU)	TDS (ppm)
1	0	6,8	324	6568
2	20	6,9	272	6311
3	40	6,9	246	6187
4	60	6,9	213	5845
5	80	6,9	147	5671
6	100	6,9	93	5322

Dari hasil uji coba penggunaan prototipe dengan menggunakan metode fotokatalisis dengan laju alir 3 liter/ jam mampu menurunkan kekeruhan dengan kisaran 16,04 % - 71,29% yaitu dari angka 324 NTU hingga 93 NTU pada konsentrasi katalis 100 ppm. Penurunan kekeruhan ternyata tidak diikuti dengan penurunan *Total Dissolve Solid* (TDS). Penurunan TDS tertinggi diperoleh pada konsentrasi katalis 100 ppm dengan nilai TDS akhir sebesar 5322 ppm. Karakteristik pH dan kekeruhan air hasil olahan telah memenuhi standar mutu untuk golongan air C (air untuk keperluan lain bukan air minum) sesuai peraturan pemerintah Republik Indonesia, namun parameter TDS masih belum memenuhi syarat yaitu 4000 ppm. Untuk menghasilkan air olahan yang memenuhi standar maka metode ini perlu dikombinasikan dengan metode lain.

## KESIMPULAN

Prototipe pengolahan air sistem semi kontinu secara fotokatalisis menggunakan nanopartikel TiO<sub>2</sub> telah diujicoba untuk pengolahan air limbah domestik di lingkungan Politeknik AKA Bogor. Hasil ujicoba menunjukkan bahwa pengolahan berhasil menurunkan kekeruhan sebesar 16,04 % - 71,29% dengan penurunan tertinggi didapatkan pada konsentrasi katalis 100 ppm. Penurunan TDS maksimal sebesar 18,97% pada konsentrasi katalis 100 ppm.

Prototipe yang dihasilkan dapat dimanfaatkan untuk media pengajaran perkuliahan yang membahas mengenai pengolahan limbah dan proses pemisahan khususnya metode fotokatalisis dan filtrasi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bhanvase, B.A.; Shende, T.P.; Sonawane, S.H. A review on grapheme-TiO<sub>2</sub> and doped grapheme-TiO<sub>2</sub> nanocomposite photocatalyst for water and wastewater treatment. *Environ. Technol. Rev.* 2017, 6, 1–14.
- Chong, Meng Nan, Bo Jin, dkk. 2010. Recent development in photocatalytic water treatment technology: a review. *Water Research* 44 , 2997-3027.
- Djarwanti; Cholid S; Yuniarti A. Degradasi Fotokatalitik Polutan Organik Dalam Air Limbah Menggunakan TiO<sub>2</sub> Nanopartikel Sistem Lapsan Tipis Alir, *Jurnal Riset Industri Vol. II No 2* , 2009 . 109-117.
- Gregorio, C.; Lichtfouse, E., Wastewater Treatment: An Overview in Green Adsorbent for Pollutant Removal. June 2018.
- Kanmani, S.; Sundar, K.P. Progression of Photocatalytic reactors and it's comparison: A Review. *Chem. Eng. Res. Des.* 2020, 154, 135–150
- Parsons, S. 2004, *Advanced oxidation processes for water and wastewater treatment*, IWA Publishing, London.
- Sucahya, S. 2016. Review: Fotokatalis Untuk Pengolahan Limbah Cair. *Jurnal Integrasi Proses Vol 6 No 1*
- Sutanto, H, dkk. Pembuatan Sistem Pengolah Air Bersih Menggunakan Material Fotokatalis Titania (TiO<sub>2</sub>). *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi ke-2 Tahun 2011 Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang*
- Tansel, B. 2008, 'New Technologies for Water and Wastewater Treatment: A Survey of Recent Patents', *Recent Patents on Chemical Engineering*, vol. 1, no. 1, pp. 17-26
- Umar, K.; Parveen, T.; Khan, M.A.; Ibrahim, M.N.M.; Ahmad, A.; Rafatullah, M. Degradation of organic pollutants using metal-Doped TiO<sub>2</sub> photocatalysts under visible light: A comparative study. *Desal. Water Treat.* 2019, 161, 275–282