PEMBUATAN REAKTOR FOTOKATALIS DAN APLIKASINYA UNTUK DEGRADASI BAHAN ORGANIK AIR GAMBUT MENGGUNAKAN KATALIS TiO_2

Sony Fajar Jayadi[1*], Lia Destiarti[1], Berlian Sitorus[1]
[1]Progam Studi Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Tanjungpura,
Jln. Prof. Dr. H. Hadari Nawawi 78124, Pontianak
*email: sony31agustus@yahoo.com

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk membuat reaktor fotokatalisis tipe batch untuk degradasi bahan organik dalam air gambut dengan menggunakan katalis titanium dioksida (TiO_2). Reaktor dirancang dengan bentuk balok yang memiliki luas sisi sebesar 8.006 cm^2. Lampu UV A sebanyak 6 buah yang masing-masing mempunyai daya sebesar 10 watt dan flux density sebesar 0,074 watt/cm^2.Tabung sampel dapat memuat 1000 mL Larutan. Kecepatan pengadukan yang digunakan adalah sebesar 1200 rpm. Uji kinerja pada reaktor fotokatalis dilakukan dengan variasi waktu degradasi bahan organik dalam air gambut dengan cara mengukur penurunan absorbansi humat dan bilangan permanganat di dalam air gambut. Absorbansi sebelum dan sesudah fotokatalisis ditentukan dengan spektrofotometri UV-Visible dan penentuan bilangan permanganat dilakukan dengan titrasi permanganometri. Proses fotokatalis dalam reaktor batch selama 5 jam mampu mendegradasi bahan organik dalam air gambut. Penurunan terbaik dalam degradasi air gambut dengan pengukuran absorbansi pada proses fotokatalisis TiO_2 sebesar 89,4% dan penurunan bilangan permanganat sebesar 83,52%.

Kata kunci : *Reaktor fotokatalisis, TiO_2, air gambut, bahan organik*

PENDAHULUAN

Air permukaan yang berada di Pontianak umumnya berasal dari air tanah gambut. Luas daratan gambut di Kalimantan Barat, khususnya kota Pontianak mencapai 1,4 juta Ha. Kandungan bahan organik, yang terdapat dalam air gambut menyebabkan air permukaan berwarna coklat kehitaman, bertindak sebagai substrat untuk pertumbuhan bakteri, serta membentuk kompleks dengan logam berat seperti Fe, Pb, Mn (Andayani dan Bagyo, 2011). Karakteristik air gambut yang demikian menyebabkan penggunaan air gambut masih terbatas dan memerlukan pengolahan terlebih dahulu agar diperoleh air bersih dan dapat dimanfaatkan untuk berbagai tujuan. Bahan organik tersebut meliputi zat humat, senyawa aromatik, tannin dan lignin (Stevenson, 1994).

Penjernihan air gambut telah banyak dilakukan mulai dari cara yang konvensional seperti proses penyaringan dengan koagulasi. Meskipun demikian, kandungan warna dan zat organik dalam air gambut masih sulit untuk dikoagulasi (Fitria dan Notodarmojo, 2007). Pengolahan air gambut dengan menggunakan tanah gambut sebagai adsorben dapat mengurangi warna, tingkat kekeruhan, tetapi air gambut tetap berbau (Yusnimar dkk., 2012). Pemberian bentonit pada awal proses pengolahan air gambut dapat mengurangi warna dan bau air gambut, tetapi rasa air baku tidak berubah (Yusnimar dkk., 2010). Penjernihan air gambut dengan menggunakan perlit-semen-kapur dilapisi nano karbon juga belum efektif karena warna air gambut tidak menunjukkan perubahan yang berarti. Hal ini disebabkan hanya sebagian material benda uji yang berinteraksi dengan air gambut sehingga asam humat lolos bersama air (Mardiati, 2008).

Fotolisis menunjukkan potensi dalam mengatasi air gambut. Penambahan katalis dalam proses fotolisis dapat meningkatkan penguraian air gambut menjadi senyawa yang lebih sederhana. Proses tersebut dinamai dengan fotokatalisis. Diantara banyaknya katalis yang digunakan dalam proses fotokatalisis, TiO_2 paling banyak digunakan sebagai katalis untuk pemurnian air dan degradasi limbah senyawa-senyawa organik, seperti asam humat pada air rawa gambut. Hal ini disebabkan karena TiO_2 mempunyai sifat-sifat yang menguntungkan seperti semikonduktor, stabil secara kimia dan fisika, mempunyai aktivitas yang tinggi, tahan terhadap abrasi (goresan) dan relatif murah (Rahmayeni dkk., 2013).

Andayani dan Bagyo (2011) telah melakukan penelitian untuk menurunkan kadar humat dalam air gambut dengan proses fotokatalis menggunakan TiO_2 dan sinar UV sebagai sumber penyinaran yang telah berhasil mendegradasi asam humat dan menurunkan intensitas warna. Dengan demikian, pada

penelitian ini, dilakukan pembuatan reaktor fotokatalisis tipe batch dengan lampu UV A sebagai sumber. Reaktor tersebut digunakan untuk mendegradasi bahan organik pada air gambut dengan memvariasikan waktu fotokatalisis. Parameter ujinya adalah penurunan absorbansi senyawa humat dan bilangan permanganat.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat

Alat-alat yang digunakan adalah buret mikro 10 mL, botol sampel, seperangkat alat gelas, lampu UV A black light (320-400 nm), spektrofotometer UV-Vis Genesys 6.

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan akuades (H_2O), titanium dioksida (TiO_2) merck, larutan kalium permanganat ($KMnO_4$) 0,01 N, larutan asam sulfat (H_2SO_4) 8 N, larutan asam oksalat ($H_2C_2O_4$) 0,01 N, dan larutan natrium hidroksida (NaOH) 0,1 M.

CARA KERJA

Pengambilan sampel air gambut

Sampel berupa air gambut yang diperoleh dari wilayah Kota Pontianak, Kalimantan Barat.

Pembuatan reaktor fotokatalisis

Reaktor fotokatalisis yang berbentuk balok mempunyai ukuran panjang= 34 cm, lebar= 33 cm, dan tinggi= 43 cm. Reaktor tersebut dilengkapi dengan 6 lampu UV black light (masing-masing 10 watt). Pada bagian dalam reaktor terdapat stirrer yang berukuran 17 x 16 cm dan tabung sampel yang memiliki volume sebesar 1000 mL.

Proses fotokatalisis Air Gambut

Proses fotokatalisis air gambut dilakukan dalam reaktor yang didesain. Sebanyak 1000 mL air gambut dimasukkan ke dalam gelas beaker. Dalam proses fotokatalisis ini, air gambut ditambahkan katalis TiO_2 sebanyak 1 gram. Air gambut kemudian diradiasi menggunakan lampu UV dengan variasi waktu penyinaran 1, 2, 3, 4, dan 5 jam. Kemudian, diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 210 nm dan diukur bilangan permanganatnya. Persen penurunan absorbansi yang diperoleh diolah dengan bantuan statistik.

$$\%\text{penurunan absorbansi} : \frac{A_{awal} - A_{akhir}}{A_{awal}} \times 100\%$$

Penentuan kadar bahan organik air gambut dengan metode permanganometri

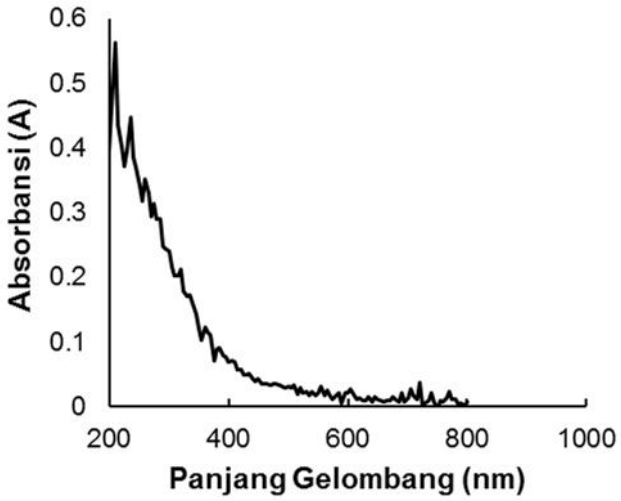
Metode permanganometri yang digunakan untuk menentukan kadar bahan organik air gambut mengacu pada Standar Nasional Indonesia No 06-6989.22 (2004). Adapun prosedur kerjanya sebagai berikut:

Pertama-tama sampel air gambut sebelum dan sesudah pengolahan dipipet sebanyak 100 mL ke dalam Erlenmeyer dan ditambahkan 3 butir batu didih. Larutan $KMnO_4$ 0,01 N ditambahkan beberapa tetes ke dalam sampel hingga terbentuk warna merah muda. Selanjutnya, ditambahkan 5 mL H_2SO_4 8 N dan sampel dipanaskan pada suhu 105^{o}C. Larutan baku $KMnO_4$ 0,01 N dipipet 10 mL dan ditambahkan ke dalam sampel. Sampel dipanaskan hingga mendidih selama 10 menit dan setelah itu ditambahkan 10 mL larutan $H_2C_2O_4$ 0,01 N. Larutan tersebut kemudian dititrasi dengan $KMnO_4$ 0,01 N hingga terbentuk warna merah muda. Volume $KMnO_4$ yang diperlukan untuk terjadinya titik akhir titrasi dicatat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan Absorbansi Maksimum Air Gambut

Pengukuran absorbansi dapat dilakukan dengan metode spektrofotometri UV-Vis. Pada metode tersebut, ditentukan terlebih dahulu panjang gelombang maksimum air gambut. Penentuan panjang gelombang maksimum dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1 Spektrum ultra ungu/sinar tampak air gambut tanpa kontrol pH

Pada penelitian Juliawati (2011) dan Rita (2007) menggunakan panjang gelombang 254

nm untuk pengukuran absorbansi air gambut. Hutagalung dkk., (2013) menggunakan panjang gelombang 420 nm. Penelitian Andayani dan Bagyo (2011) menggunakan panjang gelombang 275 nm. Pada penelitian ini digunakan panjang gelombang 210 nm. Hal ini dapat dilihat pada gambar 1 yang menunjukkan bahwa absorbansi maksimum terdapat pada panjang gelombang 210 nm.

Fotokatalisis Air Gambut

Reaktor Fotokatalisis

Reaktor fotokatalisis memiliki 3 syarat utama yaitu sumber cahaya, senyawa target dan katalis (Edi, 2011). Cahaya tersebut terbagi atas tiga yaitu UV-A (320-400 nm), UV-B (270-320 nm), UV-C (150-300 nm). Dengan adanya pengaruh dari panjang gelombang terhadap besarnya energi yang dihasilkan, cahaya UV mempunyai kemampuan untuk menghilangkan polutan di dalam air (Kopecky, 1992).

Pada penelitian ini, proses fotokatalisis dilakukan dalam reaktor tertutup yang terdiri atas 6 lampu UV (masing-masing 10 watt) dengan panjang gelombang maksimum 365 nm dan *Flux Density* sebesar 0,074 watt/cm^2. Jarak antara lampu UV dan air gambut adalah 8 cm. Dalam reaktor batch ini, energi yang dihasilkan sebesar 3,39 eV yang dapat mengaktifkan titanium dioksida sehingga dapat bekerja dalam proses fotokatalisis. Kecepatan pengadukan sebesar 1200 rpm. Selain itu, dinding reaktor dilapisi dengan aluminium foil sebagai reflektor yang membuat cahaya memantul kearah air gambut (Suhendra, 2011). *Beaker glass* 1000 mL dijadikan sebagai wadah untuk air gambut yang diaduk dengan *heat stirrer*. Kemudian, katalis TiO_2 dapat bekerja dalam proses fotokatalis pada suhu kamar dengan bantuan sinar UV sambil diaduk. Adapun reaktor fotokatalisis dapat dilihat pada gambar 2.

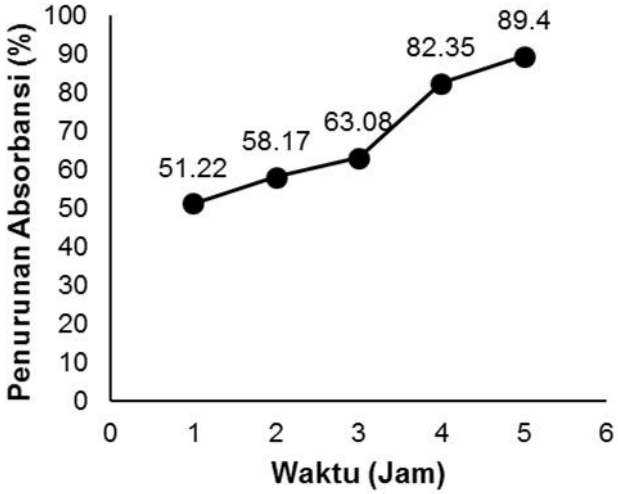


Gambar 2 Reaktor fotokatalisis (tampak atas)

Pengaruh waktu terhadap proses fotokatalisis

Pengaruh waktu fotokatalisis terhadap penurunan absorbansi air gambut dapat dilihat pada gambar 3. Fotokatalisis dilakukan dengan variasi waktu 1, 2, 3, 4 dan 5 jam. Setiap 1 jam, air gambut dalam wadah sampel diambil untuk mengetahui penurunan absorbansi. Penentuan absorbansi dapat dilakukan dengan pengulangan sebanyak 3 kali.

Gambar 3 menunjukkan penurunan absorbansi terhadap waktu radiasi UV dengan katalis TiO_2. Fotokatalisis menggunakan TiO_2 menyebabkan terjadinya penurunan absorbansi yang sebesar 89,4% setelah waktu 5 jam. Hal ini berkaitan dengan luas permukaan dari TiO_2 dan menyebabkan terjadinya peningkatan pembentukan spesies reaktif dalam air gambut (Andayani dan Bagyo, 2011). Penurunan absorbansi yang paling signifikan setelah 4 jam penyinaran UV dengan peningkatan sebesar 19,27% dari 1 jam sebelumnya.

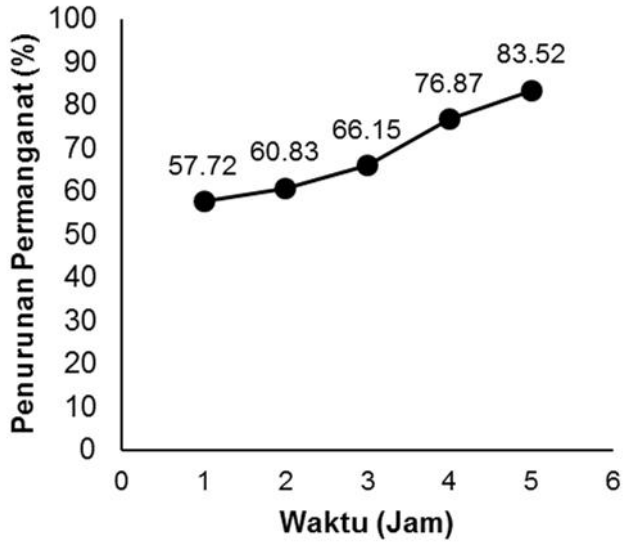


Gambar 3 Persentase penurunan absorbansi air gambut setelah proses fotokatalisis

Hasil uji statistik juga menunjukkan hal yang sama. Uji homogenitas (kesamaan) varian menunjukkan bahwa variasi waktu radiasi UV pada proses fotokatalisis memiliki variasi yang sama dengan nilai signifikan lebih dari 0,05. Data yang diperoleh berasal dari kelompok yang homogen. Uji ANOVA memberikan hasil bahwa rata-rata persen penurunan absorbansi pada proses fotokatalisis dengan berbagai variasi waktu radiasi UV berbeda secara signifikan.

Penurunan bahan organik pada air gambut setelah radiasi UV dapat diketahui dari persentase penurunan bilangan permanganat

yang disajikan pada gambar 4. Penyinaran UV terhadap air gambut dengan menggunakan katalis mampu menurunkan persentase bilangan permanganat sebesar 25,9% dalam rentang waktu dari 1 sampai 5 jam.



Gambar 4 Grafik hubungan antara waktu radiasi UV dan bilangan permanganat air gambut

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan:

1. Reaktor batch yang berbentuk balok dengan dilengkapi dengan 6 lampu UV black light (masing-masing 10 watt), stirrer yang berukuran 17 x 16 cm dan tabung sampel yang memiliki volume sebesar 1000 mL dapat digunakan sebagai reaktor fotokatalis TiO_2 dalam mendegradasi bahan organik dalam air gambut.
2. Proses fotokatalis dalam reaktor batch selama 5 jam mampu meningkatkan degradasi bahan organik. Penurunan terbaik dalam degradasi bahan organik pada proses fotokatalis TiO_2 sebesar 89,4% dan penurunan bilangan permanganat sebesar 83,52%.

DAFTAR PUSTAKA

Andayani, W.; Bagyo M.N.A.,2011, TiO_2 Beads for Photocatalytic Degradation of Humic Acid In Peat Water, Indo. J. Chem., 11(3),253-257.

Badan Standarisasi Nasional, 2004, SNI 06-6989.22-2004, Air dan Air Limbah-Bagian 22: Cara Uji Nilai Permanganat Secara Titrimetri.

Fitria, D. dan Notodarmojo, S., 2007, Penurunan Warna dan Kandungan Zat Organik Air Gambut dengan cara Two Stage Coagulation, *Teknik Lingkungan*, 13:17-26.

Hutagalung, S., S.; Sugiarto, T., A., dan Luvita, V., 2013, Pengolahan Air Gambut menjadi Air Bersih dengan Metode AOP di Kabupaten Kampar Provinsi Riau, *Prosiding Seminar Nasional Kimia Universitas Gajah Mada*, 18 Mei 2013, Yogyakarta.

Juliawati, Y., 2011, Penggunaan Kaolin untuk Menurunkan Kandungan Bahan Organik pada Pengolahan Air Gambut, Pontianak: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura, (Skripsi).

Kopecky, J., 1992, Organic Photochemistry : A Visual Approach, USA-VCH *Pub, Inc*.

Mardiati, 2008, *Pembuatan Paduan Perlit-Semen-Kapur Dilapisi Nano Karbon dan Efektifitasnya Terhadap Penjernihan Air Rawa Gambut,* Universitas Andalas, (*Tesis*).

Rahmayeni; Setiadi, Y.; Zulhadjri, 2013, Fotokatalis Komposit Magnetik TiO_2-$MnFe_2O_4$, *Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung,* 2013.

Rita, 2007, Profil Spektrum Ultra-Ungu / Sinar Tampak Air Gambut yang Diolah dengan Polialuminium Klorida, Pontianak: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura, (Skripsi).

Slamet; Bismo S.; Arbianti R., dan Sari Z., Penyisihan Fenol Dengan Kombinasi Proses Adsorpsi dan Fotokatalisis Menggunakan Karbon Aktif dan TiO_2, *Teknologi*, Edisi No. 4, 2006.

Stevenson, F. J., 1994, *Humus Chemsitry : Genesis, Composition Reaction, 2nd ed*, John Wiley and Sons, Inc., Canada.

Suhendra E., 2011, Desinfeksi Jamur Ketombe Secara Fotokatalitik Menggunakan TiO_2 Termodifikasi, Depok: Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, (Skripsi).

Yusnimar; A., Yelmida; Yenie E.; H., S., Edward; Drastinawati, 2010, Pengolahan Air Gambut dengan Bentonit, *Sains dan Teknologi*, 9:77-81.

Yusnimar; B., Imawan; F., Nopriza, 2012, Pengolahan Air dengan Menggunakan Adsorben Tanah Gambut, *Teknobiologi,* 3:35-39.