

STUDI FOTOKATALITIK TiO₂ BERPENDUKUNG BAMBUN DENGAN TEKNIK AIR MENGALIR (*FLOWING WATER TECHNIQUE*) PADA PROSES PENJERNIHAN AIR SUNGAI KAMPAR

Kasman Ediputra^{1,2}, Hermansyah Aziz¹, Yusnira²

1Faculty of Mathematics and Natural Sciences Andalas University, Padang-25163, Indonesia

2Faculty of Education, University of Pahlawan Tuankutambusai Riau, 28411, Indonesia

Pendahulaun

Wilayah Kabupaten Kampar memiliki banyak sungai, baik sungai besar maupun sungai-sungai kecil, danau dan rawa-rawa. Sungai besar diantaranya Sungai Kampar yang panjangnya $\pm 413,5$ km dengan kedalaman rata-rata 7,7 m dan lebar rata-rata 143 meter. Sungai Kampar mengalir dari hulu di punggung Bukit Barisan kearah Timur membelah wilayah Kabupaten Kampar. Sungai Kampar Kanan melalui beberapa kecamatan diantaranya kecamatan Koto Kampar Hulu, XIII Koto Kampar, Kuok, Salo, Bangkinang, Kampar, Kampar Timur, Kampar Utara, Rumbio Jaya, Tambang, Siak Hulu.

Kemudian ada sungai Kampar Kiri melalui kecamatan Kampar Kiri, Gunung Sahilan, Kampar Kiri Tengah, Kampar Kiri Hilir. Selanjutnya ada Sungai Siak yang bagian hulu ada di wilayah Kabupaten Kampar. Panjang sungai Siak yakni ± 90 km dengan kedalaman rata-rata 8 – 12 m yang melintasi kecamatan Tapung. Ada sungai Tapung yang terbagi menjadi sungai Tapung Kanan yang melintasi Kecamatan Tapung, Tapung Hilir dan Tapung Hulu dan sungai Tapung Kiri yang melintasi kecamatan Tapung. Kedua aliran sungai ini menyatu di sungai Siak.

Sungai-sungai besar yang terdapat di Kabupaten Kampar ini sebagian masih ada yang berfungsi sebagai, sumber air bersih, budi daya ikan, maupun sebagai sumber energi listrik (PLTA Koto Panjang). Perairan umum dimanfaatkan untuk budidaya perikanan darat dan tempat penangkapan (fishing ground) berbagai jenis ikan perairan dan sebagian kecil berfungsi sebagai sarana perhubungan.

Berdasarkan satuan wilayah sungai (SWS), Kabupaten Kampar terbagi atas dua satuan wilayah sungai, yaitu SWS Kampar dan SWS Siak. Dari dua SWS tersebut telah mengalami perubahan kondisi neraca air di wilayah tangkapan air di hulu sungai yang terletak dipunggung timur Bukit Barisan yang secara administrasi berada di wilayah Provinsi Sumatera Barat. Terbagi menjadi 3 (tiga) Sub Daerah Aliran Sungai (DAS) yaitu Sub DAS Tapung, Sub DAS Kampar Kanan dan Sub DAS Kampar Kiri.

Letak geografis berpengaruh terhadap iklim dan musim. Pengaruh musim tersebut dapat menyebabkan pengaruh terhadap pola kegiatan usaha masyarakat berupa usaha di bidang pertanian. Pertanian yang baik akan maju dengan cepat dan banyak menghasilkan bahan makanan seperti beras, jagung, sayur-sayuran, buah-buahan, karet, kelapa sawit, kopi, gula, dan lain-lain yang sangat berguna bagi kemakmuran dan keberlangsungan penduduk / masyarakat. Secara ekonomi pun menjadi peluang untuk berperan serta dalam sektor perdagangan.

Sungai Kampar, juga dikenal sebagai Sungai Kampar, adalah sungai penting di provinsi Riau, Indonesia. Mengalir melalui provinsi dan memainkan peran penting dalam ekologi dan perekonomian kawasan. Sungai ini berhulu di pegunungan Bukit Barisan dan mengalir ke Selat Malaka.

Cekungan Sungai Kampar kaya akan keanekaragaman hayati, dengan berbagai spesies flora dan fauna bergantung pada ekosistemnya untuk kelangsungan hidup. Sungai juga mendukung masyarakat lokal dengan menyediakan air untuk irigasi, perikanan, dan transportasi. Namun, seperti banyak sungai di dunia, Sungai Kampar menghadapi ancaman polusi, penggundulan hutan, dan praktik pembangunan tidak berkelanjutan, yang membahayakan kesehatan dan mata pencaharian orang-orang yang bergantung padanya. Berbagai upaya sedang dilakukan oleh organisasi lokal dan internasional untuk melestarikan dan melindungi ekosistem Sungai Kampar untuk generasi mendatang.

terdapat 5 kelas perifiton yang ditemukan di air Sungai Kampar, yaitu Cyanophyceae (8 jenis), Chlorophyceae (16 jenis), Bacilliarophyceae (18 jenis), Xantophyceae (2 jenis) dan Euglenophyceae (2 jenis). Hasil pengukuran kualitas air: Suhu 30.3-31.0°C, kekeruhan 8.1-11.22 NTU, kecerahan 61.25-79 cm, kecepatan arus 25-36 cm/s, TSS 10.3-16.17 mg/L, TDS 11.17-16.75 mg/L, kedalaman 17-138 cm, pH 5-5.17, DO 5.47-6.23 mg/L, BOD₅ 2.59-3.38 mg/L, nitrat 0.0822-0.1803 mg/L dan fosfat 0.4352-0.4823 mg/L. Indeks kualitas air menunjukkan angka 62-66, ini menunjukkan bahwa sungai masih dalam kategori sedang. Air sungai yang tidak jernih dapat di proses dengan berbagai cara, salah satunya adalah dengan teknik fotokataisis dengan TiO₂

Fotoreaktor adalah seperangkat alat yang dirangkai sedemikian rupa sehingga dapat digunakan untuk memproses suatu cairan atau buangan industri cair dan polutan organik dengan peningkatan panas atau temperature tertentu serta paparan dari radiasi sinar ultra violet (UV). Reaktor ini dapat digunakan yang mempunyai prinsip pemanfaatan sinar UV

dari matahari atau bisa yang bersumber dari lampu pencipta sinar UV (Lee & Liu, 2002). Reaktor fotokatalisis dalam aplikasinya dapat dibagi menjadi tiga bagian antara lain reaktor fotokatalisis skala lab, skala pilot dan skala industri. Berdasarkan sistem mode alirannya, dapat dibagi menjadi dua kelompok yaitu reaktor *batch* dan reaktor one pass through (kontinyu). Sedangkan berdasarkan sistem katalis yang digunakan, dapat dikelompokkan reaktor sistem slurry/suspended dan reaktor sistem *supported* (Alfano, 2000; Dumitru, 2000; Zhang *et al*, 2000).

Pada perkembangan selanjutnya, pengelompokkan reaktor fotokatalisis berdasarkan sistem pemusatan terhadap cahaya baik cahaya yang berasal dari sinar matahari langsung maupun berasal dari sinar matahari buatan atau lampu UV. Menurut pembagian ini, reaktor dapat dikelompokkan menjadi dua jenis reaktor yang ada antara lain reaktor Collector dan non-Collector (Blanco & Malato, 2003)

Metodologi

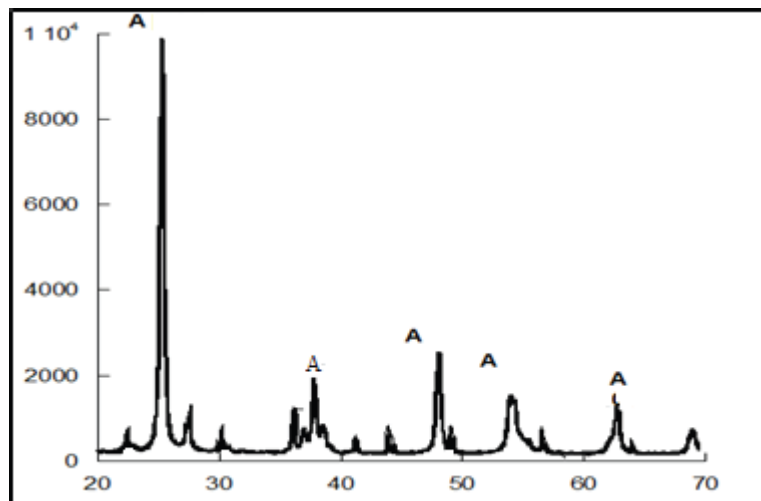
pelaksanaan prosedur pembuatan fotoreaktor, penentuan pH dan UV-vis dilakukan di Laboatorium Dasar Universitas Pahlawan tuanku Tambusai, untuk uji XRD menggunakan alat PANalytical Empyrean Cu Node dan SEM lat jenis JEOL-JED 2300 nalysis Station dilakukan di Laboratorium uji material pusat sains dan teknologi bahan maju Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN), Bahan yang digunakan dalam penelitian TiO_2 dari *sigma aldrich*, HCl merck, bambu berasal dari daerah Batubelah Kampar Riau, aquades, air Sungai kampar Riau yang diambil didaerah batubelah dengan kedalam pengambilan 30 cm dengan menggunakan gayung sebanyak 100 ml. Peralatan yang dipakai dalam penelitian adalah Alat ukur dan pemotong Kayu terdiri dari jangka sorong, gergaji, ampelas, alat-alat gelas laboratorium dan desikator. Neraca analitis (KERN ABS 220-4 analytical balance) , Oven/tanur, XRD (PANalytical Empyrean Cu Anode) , SEM (JEOL-JED 2300 Analys Station). pHMeter (ATC), UV-vis Shimadzu.

Setelah Bambu di Coating pada setiap ruas, akan bertindak sebagai alas dari fotoreaktor. Sebanyak 1000 ml air sampel (Sungai Kampar) dimasukkan ke dalam bambu yang sudah di coating. Lalu disinari dengan sinar matahari dengan variasi waktu 2, 4, 6, 8, dan 10 jam tepat pada jam 11.00-13.00 selama 5 hari dengan intensitas cahaya UV baik yang ditandai dengan indeks uv >11. Kemudian **Analisis air Gambut dengan cara;** Menentukan pH air gambut setiap jam penyinaran pHmeter yang digunakan adalah smart sensor model AS218. Kemudian Menentukan COD air gambut, Menentukan nilai COD dilakukan dilaboratorium dengan persamaan COD. Mengukur spectrum UV-Vis pada sampel air gambut. Nama dan seri alat

UV-vis adalah Instrument name UV-Vis Spectrophotometer uv – 1800. Instrument S/N A11454908091

Hasil dan Pembahasan

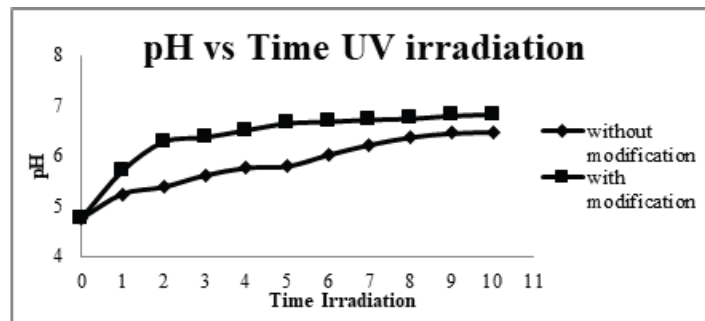
TiO₂ dikarakterisasi menggunakan XRD. Sinar-X yang digunakan berasal dari Cu dengan panjang gelombang sebesar 0,15406 nm dan dari sudut 20°- 80°. Dari hasil karakterisasi tersebut dapat dilihat fase kristalnya. Penentuan fasa serbuk TiO₂ dilakukan dengan membandingkan puncak-puncak pada hasil karakterisasi diketahui TiO₂ dominan mengandung fase anatase. Karakterisasi TiO₂ menunjukkan puncak anatase pada XRD spektrum dapat dilihat dari Gambar 3. Spektrum menunjukkan puncak dengan simbol “A” pada 25,2 ° 38,80°, 48,10°, 55,02° dan 62.50° mengkonfirmasi struktur anatase. Intensitas XRD puncak sampel mencerminkan bahwa nanopartikel yang terbentuk merupakan kristal dan luas difraksi puncaknya menunjukkan a ukuran kristal yang sangat kecil. Titanium dioksida dengan struktur anatase terdegradasi lebih baik polutan dan lebih baik sebagai fotokatalis daripada struktur rutil. sedikit pengaruh pada pola XRD saat membandingkan katalis dan tanpa terkena sinar matahari karena polanya menunjukkan struktur fotokatalis dan hanya mempunyai pengaruh kecil setelahnya degradasi terjadi pada permukaan lapisan fotokatalis, Dimana data yang sudah dibuat dalam bentuk grafik dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 1.1 grafik analisis XRD dari air Sungai kampar

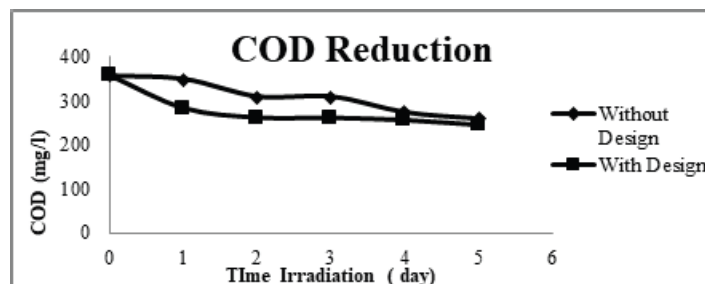
pH. Kemudian Radiasi untuk pengukuran pH dilakukan hingga 10 jam. Hal ini dapat dilihat bahwa

perbedaannya dengan reaktor tanpa modifikasi dan yang telah dimodifikasi dengan ini cermin dapat dilihat dari kurva Gambar 1.2.



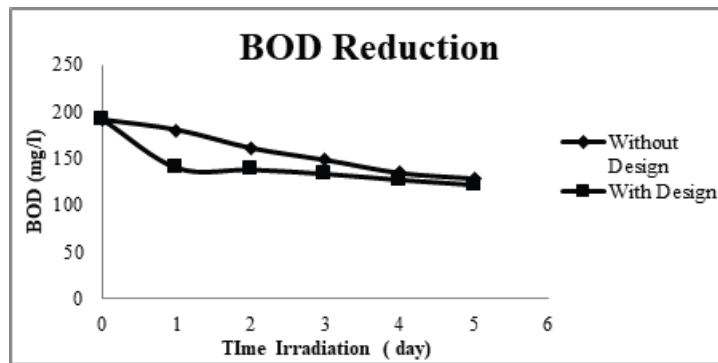
Gambar 1.2 grafik pH vs penyinaran

Dari kurva Gambar 1.2 terlihat bahwa pH meningkat pada saat iradiasi air gambut dengan pemanfaatan sinar matahari. Setelah 10 jam pemaparan pH meningkat menjadi 6,47 untuk rektor tanpa modifikasi dan 6,82 pada rektor dengan modifikasi. hal ini dikarenakan semakin lama air gambut terkena sinar matahari maka akan terjadi reaksi oksidasi dengan adanya fotokatalis TiO₂ dalam reaksi sehingga mengakibatkan penurunan kandungan polutan organik seperti asam humat dan dapat meningkatkan kualitas air. Semakin Radikal OH terbentuk sehingga reduksi asam humat meningkatkan pH [1, 2]. Hasil pengujian nilai COD dan BOD menunjukkan bahwa reaktor fotokatalis berasal dari Tanah Liat modifikasi tembikar dapat menurunkan kandungan COD dan BOD pengukuran yang dilakukan setiap dua jam atau setiap hari setelah penyinaran. Pengurangan COD air gambut dengan cermin desain dan dapat dilihat dari kurva Gambar 1.3.



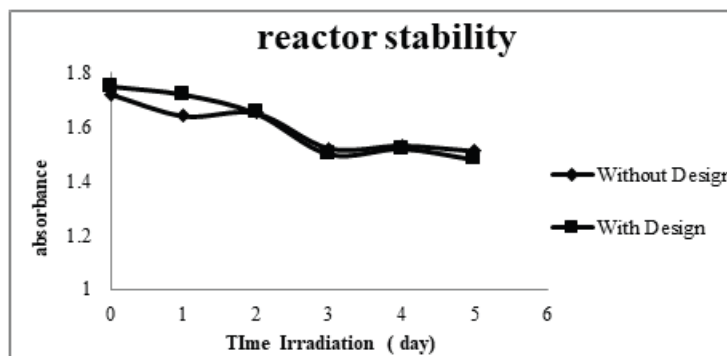
Gambar 1.3 grafik penurunan GOD

Nilai COD yang diperoleh pada reaktor tanpa modifikasi sebesar 355,8 mg/l turun menjadi 258,2 mg/l, sedangkan reaktor modifikasi pada harga COD 355,8 mg/l turun menjadi 244,4 mg/l. Kemudian untuk harga BOD juga terjadi penurunan yang ditunjukkan pada Gambar 1.4 berikut.



Gambar 1.4 penurunan nilai BOD

Dari Gambar 1.4 terlihat terjadi penurunan harga BOD dari 190,8 mg/l menjadi 128,7 mg/l pada reaktor tanpa modifikasi dan reaktor dengan modifikasi BOD 190,8 mg/l turun menjadi 122,2 mg/l. data dan cangkok yang diperoleh dengan memodifikasi kaleng gerabah tanah liat meningkatkan intensitas UV yang dibuktikan dengan meningkatnya pH dan menurunkan COD dan Kadar BOD pada air gambut lebih banyak. Hal ini menunjukkan bahwa nilai pH awal merupakan faktor utama yang mempengaruhi laju COD pemindahan. Penjelasan yang mungkin untuk fenomena ini adalah konsentrasi OH⁻ ion meningkat seiring dengan naiknya nilai pH larutan. Nilai pH yang lebih tinggi mendorong penguraian air, menghasilkan lebih banyak radikal OH untuk oksidasi atau degradasi yang efektif asam organik, sehingga memperoleh tingkat penyisihan COD yang lebih tinggi [13]. Kemudian penggunaan reaktor fotokatalitik secara berulang-ulang akan mengurangi stabilitas reaksi TiO₂, ditandai dengan serapan UV oleh permukaan TiO₂. Mengurangi stabilitas fotoreaktor ditunjukkan dengan mengikuti Gambar 7.

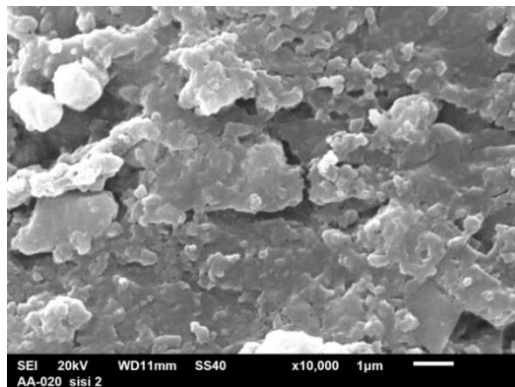


Gambar 1.5 stabilitas dari reaktor

Foto SEM kayu setelah digunakan sebagai reaktor

Pada gambar 1.6. menunjukkan foto SEM menunjukkan permukaan sampel kayu sudah mengalami kerusakan atau degradasi sehingga diasumsikan sudah sedikit lapisan

coating yang mengandung partikel TiO_2 yang masih melekat dipermukaan sampel kayu. pada permukaan sampel masih ada gundukan (*Heaping*) yang terlihat jelas, namun sudah banyak yang terdegradasi akibat pengikisan oleh air gambut yang banyak mengandung asam. perubahan morfologi permukaan diamati dengan jelas, yaitu, lubang film yang tidak homogen sangat berbeda. Kejadian ini juga dapat kenali dengan istilah *self cleaning* dimana Iradiasi lebih lanjut menggabungkan lubang, menghasilkan bercak yang akhirnya menghilang dengan kemajuan reaksi. Setelah tidak lagi terlihat, Pengamatan ini menunjukkan potensi pemanfaatan fotokatalisis bahan yang dilapisi TiO_2 , yaitu permukaan yang dilapisi TiO_2 dapat dijaga kebersihannya. pertama kali dilaporkan jenis bahan pembersih fotokatalitik ini dengan ubin keramik pada tahun 1992 (Hashimoto et al., 2006).



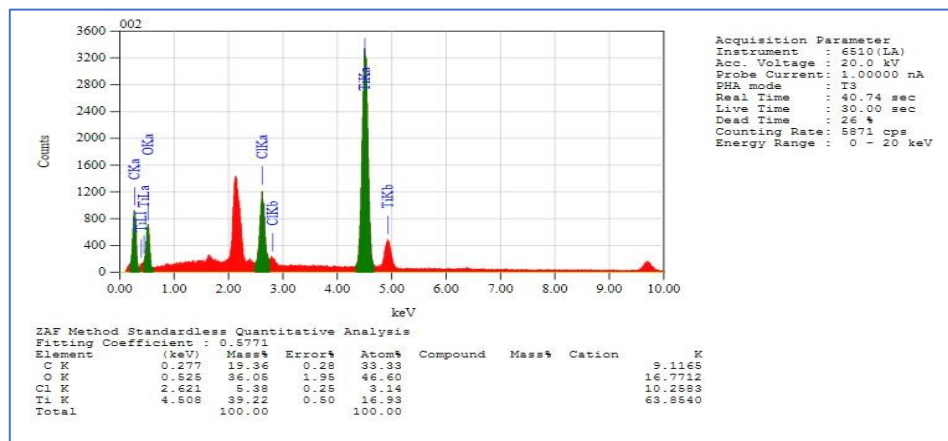
Gambar 1.6 foto SEM dari permukaan Bambu yang di coating

Untuk mendapatkan informasi tentang perubahan permukaan pada tingkat mikroskopis, maka digunakan SEM sebagai penganalisis Kristal TiO_2 . Sebelum penyinaran sinar UV, tidak ada perbedaan kontras yang diamati, yang menunjukkan keterbasahan homogen secara mikroskopis. Setelah iradiasi, daerah hidrofilik (terang) dan hidrofobik (gelap) dari 30-80nm dapat diamati dengan jelas, Sebuah pembalikan bertahap ke kontras yang lebih kecil diamati selama penyimpanan kristal dalam gelap. .

4.1.4 Analisis EDS Analysis (X-Ray Energy Dispersion Spectroscopy)

Analisis kuantitatif dan konsentrasi titanium pada penampang sampel pada gambar berikut dilakukan dengan X-ray Energy Dispersive Spectroscopy (EDS) menggunakan perangkat lunak INCA. Waktu akuisisi aktual untuk analisis kuantitatif EDS adalah sekitar 100 detik, sedangkan untuk analisis garis adalah antara 400 dan 600 detik. Analisis kuantitatif EDS dilakukan dengan mempertimbangkan semua elemen analisis (Kumar, Srivastava, dan Bansal 2013). Analisis Titanium melalui EDS dilakukan dari potongan balok kayu yang

memiliki permukaan rata dengan ukuran (25mm × 25mm × 2mm) beberapa milimeter dari permukaan asli yang berasal dari larutan TiCl₄.



Gambar 1.7 EDS dari bambu yang telah dicoating

Proses dari Line analysis EDS ditunjukkan Pada gambar 1.7. menunjukkan pengambilan data pada perbesaran 3000 kali atau setara 30µm, line analysis diambil pada titik ini ditujukan untuk mendeteksi butiran – butiran yang terdifusi ke area substrat dari Titanium, hasilnya menunjukkan kandungan titanium yang lebih kecil yaitu sebesar 16,93 % atom, kandungan dari Ti yang kecil dipengaruhi oleh unsur C yaitu sebesar 33,33 % atom dan unsur lain seperti Cl = 3,14 % atom, dan O = 46,60 % atom. Jumlah persen massa Ti yang diperoleh lebih banyak yaitu 39,22 % massa, kemudian diikuti dengan Oksigen sebesar 36,05 % massa, kemudian unsur karbon diperoleh 19,36 % massa, namun untuk % massa dari Cl hanya tinggal 5,38 % massa. Kehadiran Cl jelas dikonfirmasi oleh pemetaan spektroskopi sinar-X (EDS) dispersi energi, menunjukkan Cl yang ada di seluruh film. Tidak ada area khusus dengan konsentrasi Cl tinggi yang dicatat, yang menunjukkan bahwa klorin ditemukan dalam struktur yang secara merata di seluruh bagian, dan tidak terbatas pada area tertentu (Odling et al., 2018).

Kesimpulan

Pohon bambu yang sudah dibelah dua dan dibersihkan kemudian dilapisi TiO₂ dapat digunakan untuk meningkatkan UV menyerap sebagai reaktor fotokatalitik dalam proses pemurnian air gambut, seperti oleh menaikkan pH air gambut dari 4,75 menjadi 6,82 dan menurunkan COD dari 355,8 mg/l menjadi 325,4 mg/l. Sehingga komponen asam pada air gambut dapat dihilangkan. Kemudian penggunaan berulang kali reaktor fotokatalitik akan menurunkan kestabilan reaksi TiO₂

DAFTAR PUSTAKA

- Abdi, C., & Min, B. M. U. (2013). Removal Natural Organic Matter (NOM) in Peat Water from Wetland Area by Coagulation-Ultrafiltration Hybrid Process with Pretreatment Two-Stage Coagulation, *1*(1), 42–49.
- Abdulloh., F. N. M. I. K. R. L. H. and. (2017). The effect of TiO₂ thin film thickness on self-cleaning glass properties 11-23.
- Allen, N. S., Edge, M., Verran, J., Caballero, L., Abrusci, C., Stratton, J., Bygott, C. (2009). Photocatalytic Surfaces : Environmental Benefits of Nanotitania , 6–27.
- Arifianingsih, N. N., Zevi, Y., Helmy, Q., & Notodarmojo, S. (2020). Peat water treatment using oxidation and physical filtration system and its performance in reducing iron (Fe), turbidity , and color, *1*, 1–5.
- Baudys, M., Krysa, J., & Mills, A. (2017). Smart inks as photocatalytic activity indicators of self-cleaning paints, *280*, 8–13.
- Bergamasco, R., da Silva, F. V., Arakawa, F. S., Yamaguchi, N. U., Reis, M. H. M., Tavares, C. J., ... Tavares, C. R. G. (2011). Drinking water treatment in a gravimetric flow system with TiO₂ coated membranes. *Chemical Engineering Journal*, *174*(1), 102–109.
- Farahmandjou, M, Khalili, P., Branch, V. P., & Branch, Q. (2013). Study of Nano SiO₂/TiO₂ Superhydrophobic Self-Cleaning Surface Produced by Sol-Gel, *7*(6), 462–465.
- Farahmandjou, Majid. (2015). Self-cleaning Measurement of Nano-Sized Photoactive TiO₂ Self-Cleaning Measurement of Nano-Sized Photoactive TiO₂, (3) 33-42.
- Fitria, L., Desmaiani, H., Khalid, M. M., & Syahrul, S. (2020). Status Mutu Air pada Lahan Gambut di Sungai Putat Kota Pontianak Kalimantan Barat, *13*(1), 45–48.
- Fujishima, A., Rao, T. N., & Tryk, D. A. (2000). Titanium dioxide photocatalysis. *Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews*, *1*(1), 1–21.
- Hashimoto, K., Irie, H., & Fujishima, A. (2006). TiO₂ Photocatalysis : A Historical Overview and Future Prospects, *44*(12), 8269–8285.
- Hermansyah, A., & Munaf, E. (2016). Biomaterials supported with titania as photocatalyst in peat water purification, *7*(JUNE 2015), 192–197.
- Hevi. Sutrisno, Muhdarina, T. A. A. . (2014). Pengolahan Air Gambut Dengan Koagulan Cair Hasil Ekstraksi Lempung Alam Desa Cengar Menggunakan Larutan H₂so₄, *1*(416), 0–6.
- Hoffmann, M. R., Martin, S. T., Choi, W., & Bahnemann, D. W. (1995). Environmental of titania, (1) 1-33.
- Lee, D.-S., & Liu, T.-K. (2002). Preparation of TiO₂ Sol Using TiCl₄ as a Precursor. *Journal of Sol-Gel Science and Technology*, *25*, 121–136.
- Lim, D., Kim, S., Kong, H., Nam, D., Shim, S. E., & Baeck, S. (2018). Facile Analytical Methods to Determine the Purity of Titanium Tetrachloride, *20-18*.

- Magalh, P., Andrade, L., Nunes, O. C., & Mendes, A. (2017). Titanium Dioxide photocatalysis : fundamentals and application ON photoinactivation.
- Masduqi, A. (2017). Degradation of organic , iron , color and turbidity from peat water degradation of organic , iron , color and turbidity, (10).
- Matlal Fajri Alif , Wandha Aprillia, S. A. (2018). Peat Water Purification by Hydroxyapatite (HAp) Synthesized from Waste Pensi (Corbicula moltkiana) Shells Peat Water Purification by Hydroxyapatite (HAp) Synthesized from Waste Pensi (Corbicula moltkiana) Shells.299/1/012002
- Ningrum, S. O. (2008). Analisis kualitas badan air dan kualitas air sumur DI kapuas 22-29.
- Niu, H., Yang, H., Tong, L., & Zhong, S. (2019). Spectral study of humic substance extract from pressurized oxidizing slag of Carlin-typed gold deposit Spectral study of humic substance extract from pressurized oxidizing slag of Carlin-typed gold deposit./1742-6596/1347
- Odling, G., Ivaturi, A., Chatzisyneon, E., & Robertson, N. (2018). Improving Carbon-Coated TiO₂ Films with a TiCl₄ Treatment for Photocatalytic Water Purification, 234–243.
- Ohno, T., Sarukawa, K., & Matsumura, M. (2002). Crystal faces of rutil and anatase TiO₂ particles and their roles in photocatalytic reactions. *New Journal of Chemistry*, 26(9), 1167–1170.
- Pori, P., Vilčnik, A., Petrič, M., Sever Škapin, A., Mihelčič, M., Šurca Vuk, A., ... Orel, B. (2016). Structural studies of TiO₂/wood coatings prepared by hydrothermal deposition of rutil particles from TiCl₄ aqueous solutions on spruce (*Picea Abies*) wood. *Applied Surface Science*, 372, 125–138.
- Roberts, J. (2018). The Use of UV-Vis Spectroscopy in Bioprocess and Fermentation
- Thamaphat, K., Limsuwan, P., & Ngotawornchai, B. (2008). Phase Characterization of TiO₂ Powder by XRD and TEM, 361, 357–361.
- Tung, N. T., & Huyen, D. N. (2016). Effect of HCl on the Formation of TiO₂ Nanocrystallites, 20-26
- Verma, G., & Mishra, M. (2018). development and Optimization of UV-vis spectroscopy - A review, 7(11), 1170–1180.
- Wood, A. H. of selected. (2008). *Enis kayu indonesia* (Vol. 1).
- Yi, Q., Wang, H., Cong, S., Cao, Y., Wang, Y., Sun, Y., ... Zhao, J. (2016). Self-Cleaning Glass of Photocatalytic Anatase TiO₂ @ Carbon Nanotubes Thin Film by Polymer-Assisted Approach Self-Cleaning Glass of Photocatalytic Anatase TiO₂ @ Carbon Nanotubes Thin Film by Polymer-Assisted Approach. *Nanoscale Research Letters*. 1674-4