

# Aplikasi Fenton – Fotokatalisis TiO<sub>2</sub> pada Pengolahan Air Gambut

## *(Fenton Application – TiO<sub>2</sub> Photocatalysis in Peat Water Treatment)*

Ahmad Kasanudin<sup>1</sup>, Erna Yuliawati<sup>2</sup>, Dewi Fernianti<sup>3</sup>

Universitas Muhammadiyah Palembang, Palembang, Indonesia<sup>1,2,3</sup>

[erna\\_yuliawati@um-palembang.ac.id](mailto:erna_yuliawati@um-palembang.ac.id)<sup>1,2,3</sup>



### Riwayat Artikel

Diterima pada 15 Juni 2024

Revisi 1 pada 25 Juni 2024

Revisi 2 pada 1 Juli 2024

Revisi 3 pada 8 Juli 2024

Disetujui pada 20 Juli 2024

### Abstract

**Purpose:** This study investigated the effectiveness of combining the Fenton process with TiO<sub>2</sub> photocatalysis to improve peat water quality by reducing TSS, BOD, Fe, color, and bacterial contamination.

**Methodology:** Peat water samples were treated in a batch reactor using TiO<sub>2</sub> doses of 1.5 g and 2.5 g under UV exposure for 2, 4, and 6 h. Hydrogen peroxide (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) and TiO<sub>2</sub> served as oxidants and photocatalysts, respectively. The parameters measured before and after treatment included TSS, BOD, Fe, pH, color, and E. coli.

**Results:** The best performance was achieved with 2.5 g TiO<sub>2</sub> and 4 h of UV exposure, reducing BOD to 1.65 mg/L, TSS to 17.8 mg/L, Fe to 0.36 mg/L, and fully eliminating E. coli. However, the pH remained acidic at 2.93. The process was effective in removing pollutants and disinfecting water, although it was insufficient for pH neutralization.

**Conclusion:** The combined Fenton–TiO<sub>2</sub> process significantly enhanced peat water treatment by reducing major pollutants and bacterial contamination. Optimal results were achieved with 2.5 g TiO<sub>2</sub> and 4-hour UV exposure, but further treatment is required to raise the pH to potable standards.

**Limitations:** The process failed to achieve neutral pH levels and was tested only in a laboratory-scale setting, without evaluating real-world scalability.

**Contribution:** This study supports the use of Fenton–TiO<sub>2</sub> photocatalysis as a promising method for treating heavily polluted peat water. This study provides operational insights for the development of advanced oxidation-based systems for sustainable water purification.

**Keywords:** *Fenton Process, Peat Water Treatment, TiO<sub>2</sub> Photocatalysis, Water Purification.*

**How to Cite:** Kasanudin, A., Yuliawati, E., Fernianti, D. (2024). Aplikasi Fenton – Fotokatalisis TiO<sub>2</sub> pada Pengolahan Air Gambut. *Jurnal Teknologi Riset dan Terapan (Jatra)*, 2(2), 103-113.

## 1. Pendahuluan

Kebutuhan air bersih terus meningkat sejalan dengan peningkatan jumlah penduduk dan perkembangan pembangunan di segala sektor (Shinta, Sembiring, & Pinem, 2023). Peningkatan kebutuhan air bersih harus diimbangi dengan produktifitas air bersih supaya tidak terjadi krisis air bersih. Produktifitas air bersih masih banyak memiliki kendala, terutama pada daerah-daerah yang kualitas air bersih atau air bakunya rendah seperti pada daerah dengan keadaan air bergambut. Air gambut mempunyai pH yang relatif rendah, berwarna merah kecoklatan, dan banyak mengandung zat organik sehingga tidak memenuhi syarat untuk memenuhi kebutuhan air minum, rumah tangga, maupun sebagai air baku air minum (Permenkes No. 492/MENKES/PER/ IV/2010 dan Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001).

Air gambut terbentuk dari akumulasi tanaman berbau organik pada kondisi rawa yang stagnan, sehingga proses dekomposisi lambat dan terdapat akumulasi bahan organik (Suryanto & Andriyus,

2024). Bahan organik tersebut adalah asam humat dan asam fulvat. Tanah gambut bersifat asam dan mengandung kation seperti Fe dan Mn. Warna coklat kemerahan dan rendahnya tingkat keasaman pada air gambut merupakan akibat dari tingginya kandungan zat organik yang terdapat didalamnya (Marlina & Santoso, 2022). Zat-zat organik tersebut biasanya biasanya dalam bentuk asam humus yang berasal dari dekomposisi bahan organik seperti daun, pohon atau kayu. Salah satu pengolahan air gambut yang dapat digunakan adalah dengan metode teknologi oksidasi kimia lanjut (Said, Achnopa, Zahar, & Wibowo, 2019). Teknologi oksidasi kimia lanjut (Advanced Oxidation Process – AOPs), berbasis pada proses oksidasi terhadap kontaminan oleh oksidator kuat seperti Hydroxyl Radical yang merupakan sebuah radikal bebas yang memiliki energi potensial yang sangat tinggi (2,8 V), sehingga mudah bereaksi untuk mengoksidasi polutan menjadi CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O (Darmadi, 2014). Salah satu metode teknologi AOPs yang mampu menghasilkan oksidator hydroxyl radical yaitu metode Fenton dan Fotokatalis (Setiawan & Widayanti, 2023).

Metode fenton adalah pemakaian hidrogen peroksida (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) sebagai pengoksidasi dan ditambahkan FeSO<sub>4</sub> atau FeCl<sub>3</sub> sebagai katalis, untuk memproduksi hydroxyl radical (OH<sup>-</sup>). Reaksi fenton dapat meningkat berkali lipat apabila diradiasikan dengan UV/visible light dan penggunaan semikonduktor seperti TiO<sub>2</sub> (Teguh et al., 2024). Proses fenton dan fotokatalis sama-sama menghasilkan OH radikal, sehingga OH radikal dapat mendegradasi zat warna dan polutan organik (Fauzi & Agung, 2018). Proses fenton yang dikombinasi sinar UV memiliki kelebihan yakni waktu pengolahan yang relatif singkat, mudah pengoperasiannya dan bahan baku yang mudah didapatkan (Adnan, Meicahayanti, & Singgih, 2023). Fotokatalisis merupakan suatu proses kimia yang terjadi dengan bantuan radiasi sinar ultraviolet (UV) dan katalis semikonduktor (Suryandari, Mustain, Pratama, & Maula, 2019). Kajian tentang pemanfaatan titanium dioksida (TiO<sub>2</sub>) dan karbon aktif sebagai katalis heterogen pada reaksi fotokatalisis telah banyak dilakukan beberapa tahun terakhir. Penelitian terdahulu menyebutkan bahwa penggunaan TiO<sub>2</sub> sebagai katalis pada reaksi fotokatalisis memiliki kelebihan diantaranya ramah lingkungan dan ekonomis (Desy Nurhasanah Sari & Ansyarif, 2023). Selain itu, penggunaan katalis heterogen pada berbagai reaksi memiliki kemudahan dalam hal pemisahan produk hasil reaksi dengan katalis yang digunakan (Arjek & Fatimah, 2017).

TiO<sub>2</sub> sebagai katalis dalam sistem reaksi fotokimia memiliki kemampuan untuk mengadsorpsi energi foton yang dapat memicu terjadinya pengaktifan katalis sehingga substansi radikal hidroksil dapat terbentuk dengan cepat (Sianita, Darmawan, & Azmiyawati, 2017). Radikal hidroksil memiliki peranan penting dalam mendegradasi polutan organik menjadi produk akhir yang ramah lingkungan (Aisyah, Azharuddin, Rizal, & Zulkifli, 2022). TiO<sub>2</sub> yang memiliki sifat semikonduktor apabila dikenai cahaya berupa sinar UV (ultraviolet) dengan energi yang sesuai, maka elektron (e<sup>-</sup>) pada pita valensi akan berpindah ke pita konduksi dan meninggalkan lubang positif (hole, h<sup>+</sup>) pada pita valensi. Terbentuknya h<sup>+</sup> mampu menginisiasi reaksi oksidasi sedangkan adanya elektron (e<sup>-</sup>) akan menginisiasi reaksi reduksi di permukaan katalis (Faisol, Paujiah, Russel, & Ramelan, 2022). Reaksi fotokatalisis ini telah banyak diterapkan pada pengolahan air limbah terutama limbah farmasi, limbah tekstil dan air gambut. Air gambut yang memiliki sifat keasaman dan tingginya konsentrasi bahan organik dari air gambut, maka diperlukan treatment yang selektif dari air gambut untuk keperluan air bersih (Juniarsih, Noviani, Putri, & Rahayu, 2023).

## **2. Metode Penelitian**

### **2.1 Waktu dan Tempat**

Penelitian dilakukan pada bulan juni 2022 di laboratorium Universitas Muhammadiyah Palembang. Waktu penelitian dilakukan dari pukul 08.00 – 17.00 WIB.

### **2.2 Bahan dan Alat**

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah air gambut, Hidrogen Peroksida (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) 30% dan Titanium dioksida TiO<sub>2</sub> (rutile). Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah corong plastik diameter 30 cm, kertas saring whatman, pH meter, beaker glass, reaktor batch, beaker glass, neraca analitik, 4 buah ultraviolet 8 watt, kertas saring ukuran pori 1,5, stopwatch, magnetic stirrer dan botol sampel.

### 2.3 Metode

Pada penelitian ini terdapat 3 variabel yaitu variabel tetap, variabel peubah dan variabel terikat. Variabel tetap dalam penelitian fotokatalis titanium oksida adalah sampel untuk fotokatalis yang digunakan 1 liter, jarak pemaparam (8 cm) dan  $H_2O_2$  30 % = 10 ml. Variabel peubah dalam penelitian ini adalah massa  $TiO_2$  yang dimasukkan 1,5 dan 2,5 gram, variasi waktu Penyinaran selama 2, 4, dan 6 jam. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah hasil akhir air gambut setelah pengolahan. Variabel yang Diteliti dalam penelitian ini adalah kandungan air gambut sebelum dan sesudah proses Fenton - fotokatalis titanium dioksida. Parameter yang dianalisa dalam penelitian ini adalah warna, pH, Residu Tersuspensi Solid (TSS), BOD (Biological Oxygen Demand), Fe (Besi) dan Bakteri.

## 3. Hasil dan pembahasan

### 3.1 Analisis Air Gambut dengan Aplikasi Fenton – Fotokatalisis Titanium Dioksida

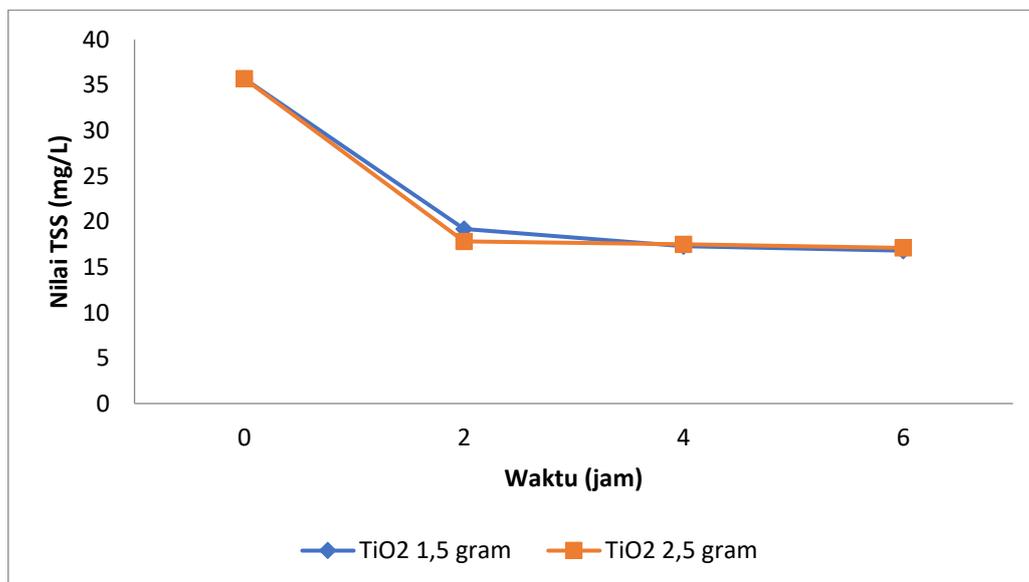
#### 3.1.1 Analisis Nilai TSS

TSS (*Total Suspended Solid*) bahan – bahan tersuspensi (diameter > 1 mikrometer) yang tertahan pada saringan mili pore dengan diameter pori 0,45 mikrometer atau lebih besar dari ukuran partikel koloid. Berdasarkan hasil penelitian nilai TSS dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1. Nilai Kadar TSS

TiO <sub>2</sub> (gr)	Waktu (jam)	TSS (mg/L)	Standar Baku Mutu
	2	19,2	50
1,5	4	17,3	50
	6	16,8	50
	2	18,3	50
2,5	4	17,8	50
	6	17,5	50

Berdasarkan Tabel 1 maka dapat dilihat bahwa semakin lama waktu proses fenton - fotokatalisis maka nilai TSS semakin menurun, hal tersebut terjadi di setiap penambahan  $TiO_2$  dari 1,5 gram ke 2,5 gram pada waktu proses yang sama yaitu 2, 4, dan 6 jam Nilai TSS tertinggi terjadi pada massa  $TiO_2$  1,5 gram pada waktu 2 jam proses sebesar 19,2 mg/L, sedangkan nilai TSS terendah terjadi pada massa 1,5 gram pada waktu 8 jam sebesar 16,5 mg/L. Berdasarkan Tabel 1 maka didapat grafik sebagai berikut:



Gambar 1. Nilai TSS pada Proses fenton – fotokatalis TiO<sub>2</sub>

Berdasarkan grafik diatas pada Gambar 1 dapat dilihat baik pada penggunaan  $TiO_2$  dengan massa 1,5 dan 2,5 gram, semakin lama operasi maka penurunan nilai TSS akan semakin meningkat. Hal ini menandakan bahwa semakin lama operasi maka proses fenton - fotokatalisis akan semakin efektif.

Dikarenakan pada proses kombinasi, akan menghasilkan OH<sup>-</sup> radikal hidroksil yakni didapat dari proses fenton – fotokatalis melalui reaksi H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub> dan lampu UV (Amin,2011).

Dimana nilai TSS tertinggi pada penggunaan massa 1,5 gram terdapat pada saat waktu operasi 2 jam dengan nilai TSS 19,2 mg/L. Sedangkan nilai TSS terendah pada penggunaan massa 1,5 gram terdapat pada waktu 8 jam dengan nilai TSS 16,5 mg/L. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> sendiri jika diiridiasi dengan sinar UV maka akan membentuk radikal hidroksil, dalam sistem fotokatalis terdapat pembentukan gugus radikal hidroksil yang lain yakni membentuk (O<sup>2-</sup>) anion superoksida dan H<sup>+</sup> dan O<sub>2</sub><sup>2=</sup> (hidroperoksida radikal), yang merupakan agen pengoksidasi yang sangat efisien dalam mengoksidasi bahan organik ini sebagian bisa mengendap jika diendapkan, karena ikatan-ikatan senyawa warna sudah terpecah. Sehingga akan menghasilkan penurunan kadar TSS tertinggi akibat dari pembentukan gugus radikal hidroksil yang lebih banyak. Hal ini membuktikan bahwa untuk menurunkan nilai TSS lebih efektif menggunakan massa 1,5 dibandingkan 2,5. Namun, baik menggunakan massa 1,5 dan 2,5 keduanya dapat berfungsi dengan baik dalam mengurangi nilai TSS. Dimana hasil dari penelitian nilai TSS masih dibawah dari ambang batas nilai yang mana nilai baku mutu TSS yaitu 30 mg/L.

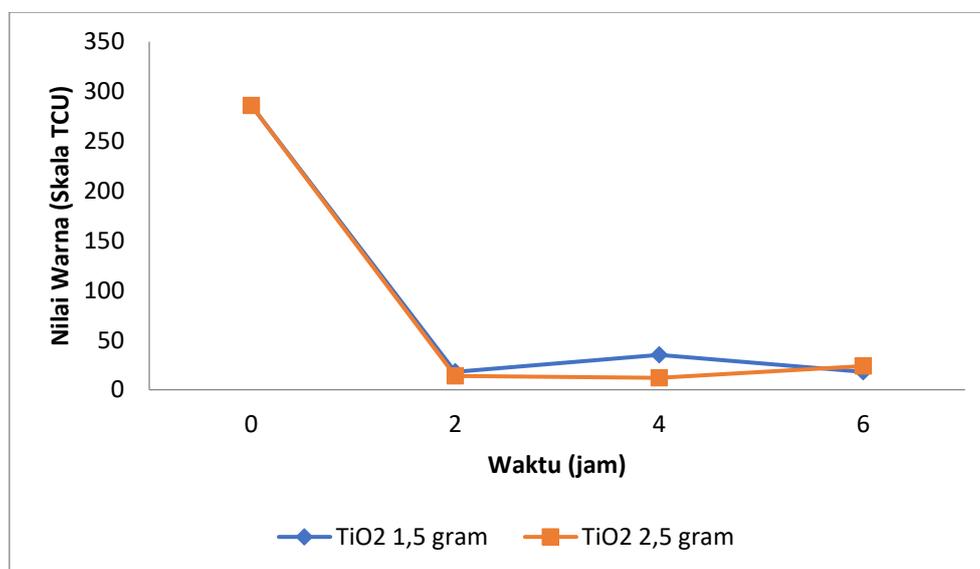
### 3.1.2 Analisis Nilai Warna

Warna adalah spektrum tertentu yang terdapat didalam suatu cahaya sempurna (berwarna putih) (Amin, Wihdatunnisa, Aisyah, & Kurniawan, 2024). Identitas suatu warna ditentukan panjang gelombang cahaya tersebut. Sebagai contoh warna biru memiliki panjang gelombang 460 nanometer. Panjang gelombang warna yang masih bisa ditangkap mata manusia berkisar antara 380-780 nanometer. Berdasarkan hasil penelitian nilai warna dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2. Nilai Kadar Warna

TiO <sub>2</sub> (gr)	Waktu (jam)	Warna (Skala TCU)	Standar Baku Mutu
1,5	2	18	-
	4	35	-
	6	18	-
2,5	2	14	-
	4	12	-
	6	24	-

Berdasarkan data Tabel 2 diatas diperoleh hasil penurunan warna tertinggi pada variasi 2,5 dengan waktu kontak 4 jam yaitu sebesar 12 skala TCU dari warna awal. Sedangkan untuk penurunan warna terendah pada variasi 1,5 dengan waktu kontak 8 jam yakni sebesar 88 skala TCU. Berdasarkan Tabel 2 maka didapat grafik sebagai berikut:



Gambar 2. Nilai Warna pada Proses Fenton – Fotokatalis TiO<sub>2</sub>

Berdasarkan grafik diatas pada Gambar 2 dapat dilihat penurunan pada penambahan TiO<sub>2</sub> 1,5 gram pada waktu kontak 4 jam terjadi hasil yang menurun pada degradasi zat warna, dikarenakan pada waktu tersebut belum terjadi proses pada degradasi zat warna, karena proses absorpsi pada waktu tersebut belum mencukupi untuk terjadinya energi fenton yang besar yang akan terbentuknya OH<sup>-</sup> radikal yang banyak. Setelah 4 jam akan terjadi kenaikan penurunan degradasi warna karena terdapat kenaikan energi fenton yang besar yang akan terbentuknya OH<sup>-</sup> radikal hidrosil yang akan memudahkan proses absorpsi pada degradasi warna. Sedangkan penurunan pada penambahan TiO<sub>2</sub> 2,5 gram pada waktu kontak 2 – 4 jam didapatkan hasil yang stabil meningkat, dikarenakan dengan rasio penambahan TiO<sub>2</sub> lebih besar akan menghasilkan energi fenton yang cukup dan semakin lama waktu penyinaran maka semakin banyak energi fenton yang diserap oleh fotokatalis, sehingga radikal hidroksil yang terbentuk pada permukaan fotokatalis semakin banyak dan interaksi antara fotokatalis dengan bahan organik pada air gambut juga semakin lama sehingga akan meningkat efektivitas fotodegradasi bahan organik (Ramadhani, Destiarti, & Syahbanu, 2017).

Akan tetapi, pada waktu penyinaran yang lebih lama pada penelitian ini tidak terjadi kenaikan efektivitas fotodegradasi bahan organik lagi yang di akibatkan dari terlepasnya titanium dioksida sehingga bercampur dengan air gambut menyebabkan kekeruhan pada air sehingga aktivitas fotokatalis dalam mendegradasi bahan organik pada air gambut menurun (Yuliana, 2022). Dimana penelitian terdahulu penurunan bahan organik pada air gambut mencapai maksimum pada waktu penyinaran selama 4 jam dengan penurunan absorpsi yang terjadi 69,63% dan penurunan permanganat sebesar 24,62%. penyinaran lebih lama menyebabkan penurunan absorpsi untuk waktu 8 jam menurun sebesar 36,88% dan penurunan permanganat sebesar 10,33% (Ramadhani et al., 2017).

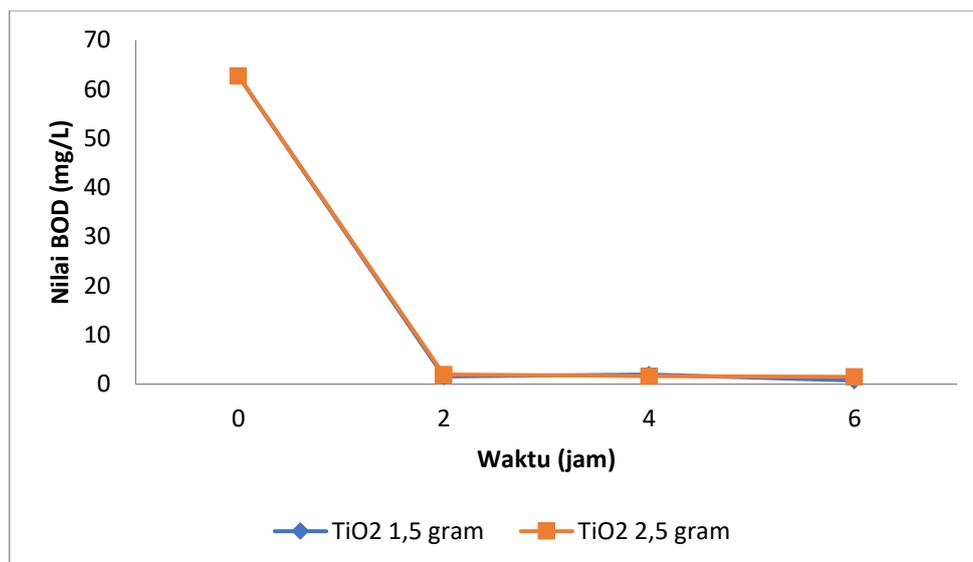
### 3.1.3 Analisis Nilai BOD

BOD (*Biological Oxygen Demand*) adalah jumlah oksigen terlarut yang diperlukan oleh mikroorganisme untuk mengurai bahan organik didalam air. Jika BOD memberikan gambaran jumlah bahan organik yang dapat terurai secara biologis (bahan organik mudah urai, biodegradable organik matter), maka COD memberikan gambaran jumlah total bahan organik yang mudah urai maupun yang sulit terurai (*nonbiodegradable*) (Atima, 2015). Berdasarkan hasil penelitian nilai BOD dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3. Nilai Kadar BOD

TiO <sub>2</sub> (gr)	Waktu (jam)	BOD mg/L	Standar baku mutu
1,5	2	1,56	2
	4	1,98	2
	6	0,73	2
2,5	2	1,96	2
	4	1,65	2
	6	1,48	2

Berdasarkan penelitian Tabel 3 diatas diperoleh hasil penurunan BOD tertinggi pada penambahan TiO<sub>2</sub> 1,5 gram pada waktu kontak 6 jam yakni sebesar 0,73 mg/L, sedangkan untuk penurunan terendah pada penambahan TiO<sub>2</sub> 2,5 gram pada waktu kontak 2 jam. Berdasarkan Tabel 3 maka didapat grafik sebagai berikut:



Gambar 3. Nilai BOD pada Proses fenton – fotokatalis TiO<sub>2</sub>

Berdasarkan grafik di atas pada Gambar 3 dapat dilihat hasil penurunan nilai BOD tertinggi pada penambahan TiO<sub>2</sub> 1,5 dengan waktu kontak 6 yakni 0,73 mg/L jam sedangkan nilai BOD terendah terdapat pada penambahan TiO<sub>2</sub> 1,5 dengan waktu kontak 4 jam yakni 1,98 mg/L. Pada proses fenton – fotokatalisis TiO<sub>2</sub> semua variasi mendapatkan hasil yang sangat baik dapat memenuhi standar baku mutu yang telah ditetapkan yakni 2 mg/L. Untuk menurunkan nilai BOD Pada proses fenton fotokatalisis ini menggunakan 2 variasi penambahan TiO<sub>2</sub> 1,5 dan 2,5 dengan waktu kontak yang sama yakni 2, 4, dan 6 jam, pada penambahan TiO<sub>2</sub> 1,5 gram dengan waktu yang telah ditentukan didapatkan hasil cukup baik tetapi tidak setabil dengan grafik turun naik turun.

Namun, memenuhi standar baku mutu, sedangkan dengan penambahan TiO<sub>2</sub> 2,5 dan juga dengan waktu yang sama didapatkan hasil yang sangat baik dengan grafik cukup stabil. Untuk menghasilkan pengolahan yang optimum kombinasi antara H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dan FeSO<sub>4</sub> didalam sistem fenton – fotokatalisis harus seimbang (Fauzi & Agung, 2018). Dapat dikatakan kondisi seimbang karena proses penurunan berjalan cukup stabil mulai waktu awal sampai akhir hal ini diakibatkan oleh penambahan TiO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> cukup seimbang sehingga reaksi terus berjalan mulai awal sampai akhir. Dari proses kombinasi, baik OH, OH<sup>-</sup>, O<sub>2</sub>, HO<sub>2</sub> merupakan agen pengoksidasi yang sangat efisien dalam mengoksidasi bahan organik dan menguraikan menjadi CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O (Diana Novita Sari, Amelia, Ramadhon, & Tiandho, 2021).

#### 3.1.4 Analisis Nilai Besi (Fe)

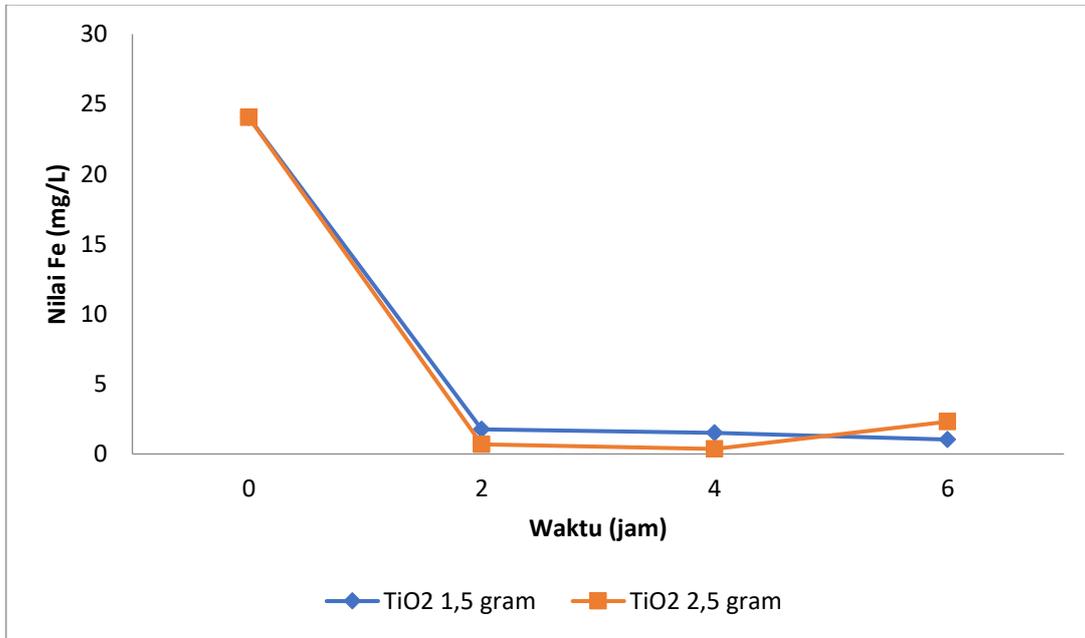
Logam Fe merupakan logam esensial yang keberadaannya dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan oleh organisme hidup, namun dalam jumlah berlebih dapat menimbulkan efek racun. Tingginya kandungan logam Fe akan berdampak terhadap kesehatan manusia diantaranya bisa menyebabkan keracunan (muntah), kerusakan usus, penuaan dini hingga kematian mendadak, radang sendi, cacat lahir, gusi berdarah, kanker, sirosis ginjal, sembelit, diabetes, diare, pusing, mudah lelah, hepatitis, hipertensi, insomnia (Supriyantini & Endrawati, 2015). Berdasarkan hasil penelitian nilai Fe dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. Nilai Kadar Fe

TiO <sub>2</sub> (gram)	Waktu (jam)	Fe (mg/L)	Standar Baku Mutu
1,5	2	1,76	0,3
	4	1,52	0,3
	6	1,03	0,3

2,5	2	0,68	0,3
	4	0,36	0,3
	6	2,31	0,3

Berdasarkan penelitian pada Tabel 4 didapatkan hasil penurunan nilai Fe tertinggi pada penambahan TiO<sub>2</sub> 2,5 gram pada waktu kontak 4 jam yakni 0,36 sedangkan nilai Fe terendah pada penambahan TiO<sub>2</sub> 1,5 gram dengan waktu kontak 6 jam, pada proses ini hasil yang didapatkan belum memenuhi standar baku mutu namun mendekati hasil standar baku mutu. Berdasarkan Tabel 4 didapat grafik sebagai berikut



Gambar 4. Nilai Fe pada Proses fenton – fotokatalisis TiO<sub>2</sub>

Berdasarkan grafik diatas pada Gambar 4 dapat dilihat pada proses fenton – fotokatalisis dengan penambahan TiO<sub>2</sub> 1,5 dan 2,5 didapatkan hasil penerunanan yang cukup baik di setiap waktu kontak 2 dan 4 jam. Namun, pada penambahan TiO<sub>2</sub> 2,5 pada waktu kontak 6 jam didapatkan hasil yang cenderung menurun sedangkan pada penambahan TiO<sub>2</sub> 1,5 pada waktu 6 jam didapatkan hasil semakin meningkat. Hal ini menunjukkan bahwa nilai pH sangat mempengaruhi dalam mendegradasi bahan organik, menurut (Adnan, Hidayat, & Meicahayanti, 2021) semakin baik nilai pH sehingga akan meningkatkan efektivitas fotodegradasi bahan organik.

Penurunan kadar Fe dalam air gambut dimanana H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> sebagai oksidator dengan katalis TiO<sub>2</sub> dan radiasi sinar UV menunjukkan penurunan kadar Fe dalam air gambut, penurunan kadar Fe yang signifikan terjadi pada TiO<sub>2</sub> 2,5 ini dikarenakan gabungan atau kombinasi dari beberapa proses H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub> dan UV yang difokuskan untuk dapat menghasilkan radikal hidroksil sebagai sumber oksidator kuat sekaligus akselerator proses penyisihan kontaminan (polutan) dalam air gambut, baik dalam bentuk fasa cair maupun fasa gas.

### 3.1.5 Analisis Nilai pH

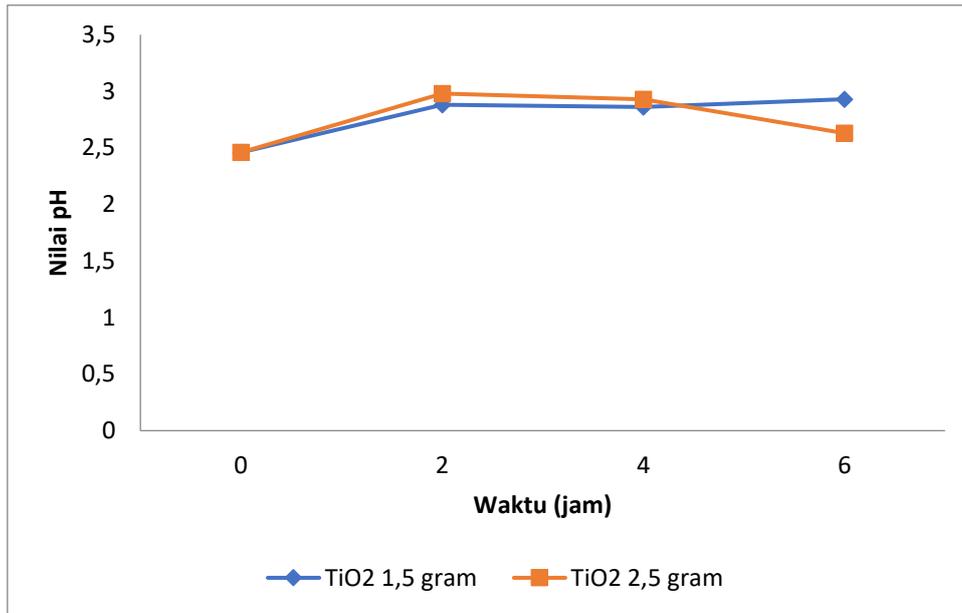
pH (*Power of Hydrogen*) adalah derajat keasaman yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaaan yang dimiliki oleh suatu larutan. Air gambut memiliki kandungan pH yang tinggi yang dapat membahayakan apabila digunakan dalam kehidupan sehari-hari (Yuliwati, Rahayu, & Yuniar, 2023). Berdasarkan hasil penelitian nilai pH dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 5. Nilai Kadar pH

TiO <sub>2</sub> (gram)	Waktu (jam)	pH	Standar Baku Mutu
1,5	2	2,88	6-9

	4	2,86	6-9
	6	2,93	6-9
2,5	2	2,98	6-9
	4	2,93	6-9
	6	2,63	6-9

Berdasarkan penelitian pada Tabel 5 diperoleh hasil nilai pH meningkat tinggi pada penambahan TiO<sub>2</sub> 2,5 pada waktu kontak 2 jam yakni 2,98, sedangkan nilai pH terendah pada penambahan TiO<sub>2</sub> 2,5 pada waktu kontak 6 jam yakni 2,63. Pada proses ini dengan semua penambahan TiO<sub>2</sub> dan lama waktu pemamparan didapatkan hasil yang tidak efektif, nilai kadar pH tidak memenuhi standar baku mutu. Berdasarkan Tabel 5 didapat grafik sebagai berikut:



Gambar 5. Nilai pH pada Proses fenton – fotokatalisis TiO<sub>2</sub>

Berdasarkan grafik pada Gambar 5 dapat dilihat pada penambahan kedua variasi TiO<sub>2</sub> pertama didapatkan hasil nilai pH meningkat dari sampel awal, namun semakin besar penambahan TiO<sub>2</sub> didalam katalis cenderung menyebabkan nilai pH semakin turun dan semakin lama waktu proses nilai pH cenderung menurun dari hasil analisis pertama. Fenomena yang telah dilakukan oleh Adnan et al. (2021) dimana pada pH rendah kondisi pH 3 (asam) maka proses degradasi bahan organik optimum.

### 3.1.6 Analisis Nilai Bakteri

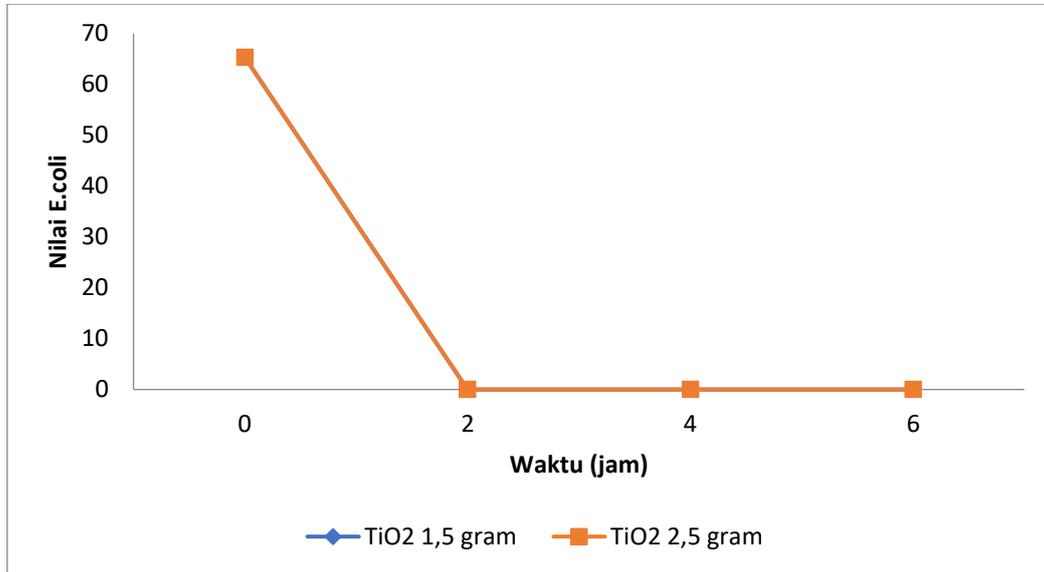
Bakteri Coliform adalah golongan bakteri intestinal, yaitu hidup dalam saluran pencernaan manusia. Bakteri Coliform adalah bakteri indikator keberadaan bakteri patogenik lain. Lebih tepatnya, sebenarnya, bakteri Coliform fekal adalah bakteri indikator adanya pencemaran bakteri patogen. Penentuan Coliform fekal menjadi indikator pencemaran dikarenakan jumlah koloninya pasti berkorelasi positif dengan keberadaan bakteri patogen. Berdasarkan hasil penelitian nilai bakteri didapat pada tabel berikut:

Tabel 6. Nilai Kadar Bakteri Coliform

TiO <sub>2</sub> (gram)	Waktu (jam)	Coliform MPN/100	Standar Baku Mutu
1,5	2	0	0
	4	0	0
	6	0	0
2,5	2	0	0

	4	0	0
	6	0	0

Berdasarkan Tabel 6 diatas maka didapat hasil proses fenton – fotokatalisis TiO<sub>2</sub> dengan semua variasi penambahan TiO<sub>2</sub> dan waktu mendapatkan hasil sangat baik untuk menurunkan bakteri E Coli dengan hasil memenuhi baku mutu. Berdasarkan Tabel 6 maka didapat grafik sebagai berikut:



Gambar 6 .Nilai bakteri E Coli pada Proses fenton – fotokatalisis TiO<sub>2</sub>

Berdasarkan grafik pada Gambar 6 dapat dilihat dengan semua variasi penambahan TiO<sub>2</sub> dan lama waktu pemamparan sinar ultra violet pada proses fenton – fotokatalisis, didapatkan hasil yang sangat efektif untuk menurunkan bakteri E Coli didalam air gambut. Pada proses ini semuanya mendapatkan hasil dengan memenuhi standar baku mutu. Sehingga dapat dikatakan bahwa penambahan TiO<sub>2</sub> sebagai katalis pada proses ini sangat berpengaruh untuk meningkatkan inaktivasi bakteri E coli. Konsentrasi TiO<sub>2</sub> yang tinggi dapat meningkatkan spesies reaktif yang berfungsi untuk menginaktivkan E coli (Nyangaresi et al., 2019). Hal ini disebabkan adanya proses oksidasi yang terjadi pada TiO<sub>2</sub> saat pemamparan sinar ultra violet menghasilkan OH<sup>-</sup> radikal, dimana adanya hubungan linier antara proses fotokatalis dengan konsentrasi OH<sup>-</sup> radikal yang dihasilkan dalam menginaktivkan E coli. Dimana dengan semakin meningkatnya konsentrasi katalis TiO<sub>2</sub> pada proses fotokatalis dapat meningkatkan produksi OH<sup>-</sup> (Wildan & Mutiara, 2019).

Mekanisme dari proses fenton – fotokatalisis untuk meningkatkan ion hidroksil OH<sup>-</sup> radikal yang mana aktif dalam proses oksidasi untuk merusak DNA E coli, OH<sup>-</sup> yang terbentuk bereaksi langsung menuju dinding sel bakteri. Dinding sel E coli yang tipis mengakibatkan dengan mudahnya OH<sup>-</sup> radikal menembusnya hingga ke DNA dan mengakibatkan lisis serta kematian pada bakteri. Penelitian ini mempunyai kesamaan pada penelitian terdahulu yang dilakukan oleh (Cho, Chung, Choi, & Yoon, 2004) tentang hubungan linier antara penyisihan E.coli dengan konsentrasi OH<sup>-</sup> radikal dalam proses fotokatalisis dengan TiO<sub>2</sub>. Pada penelitian Cho et al. (2004) tersebut menunjukkan bahwa ekokonsentrasi 1 g/L TiO<sub>2</sub> dua kali lebih efektif dibandingkan dengan konsentrasi TiO<sub>2</sub> 0,1 g/L. Namun dalam pemamparan sinar ultra violet penelitian tersebut menunjukkan bahwa menggunakan 4 buah lampu dua kali lebih efisien dibandingkan dengan menggunakan satu lampu untuk menyisihkan E.coli.

## 4. Kesimpulan

### 4.1 Kesimpulan

Hasil penelitian aplikasi fenton – fotokatalis TiO<sub>2</sub> dengan variasi rasio molar TiO<sub>2</sub> 1,5 dan 2,5 gram dengan variasi waktu kontak 2,4,dan 6 jam. Pada penambahan TiO<sub>2</sub> 1,5 dengan waktu kontak 2,4 dan 6

jam didapatkan hasil optimal pada waktu 6 jam. Sedangkan pada penambahan  $\text{TiO}_2$  2,5 dengan waktu kontak 2,4 dan 6 didapatkan hasil optimal pada waktu 4 jam. Efisiensi penyisihan BOD, TSS, pH, Warna, Fe dan Bakteri pada air gambut yang dihasilkan menggunakan aplikasi fenton – fotokatalisis  $\text{TiO}_2$  masing – masing sebesar BOD 1,65 mg/L, TSS 17,8 mg/L, pH 2,93, warna 12 Skala TCU, dan bakteri E.Coli 0 MPN/100 pada perbandingan rasio molar  $\text{TiO}_2$  2,5 pada waktu kontak 4 jam. Semakin besar konsentrasi katalis  $\text{TiO}_2$  dan semakin lama pemaparan UV pada pengolahan air gambut maka semakin tinggi degradasi bahan organik pada air gambut.

#### 4.2 Saran

Perlu dilakukan proses fitoremediasi air gambut dapat digunakan sebagai proses post-treatment setelah masuk ke proses aplikasi fenton – fotokatalisis  $\text{TiO}_2$  agar mendapatkan pH optimum netral. Perlu dilakukan penelitian dengan variasi semikonduktor lainnya yang digunakan, agar bisa mengetahui keoptimalan semikonduktor dalam proses kombinasi fenton – fotokatalisis.

#### References

- Adnan, F., Hidayat, R. K., & Meicahayanti, I. (2021). Pengaruh pH, UV dan  $\text{TiO}_2$  untuk Mendegradasi Variasi Asam Humat Berbasis Fotokatalis. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 5(2), 9-16. <http://dx.doi.org/10.30872/jtlunmul.v5i2.7002>
- Adnan, F., Meicahayanti, I., & Singgih, M. (2023). Foto Fenton UVC dengan Menggunakan  $\text{H}_2\text{O}_2/\text{FeSO}_4$  dalam Mendegradasi Variasi pH dan Konsentrasi Asam Humat. *Jurnal Rekayasa Tropis, Teknologi, dan Inovasi (RETROTEKIN)*, 1(1), 1-7. <https://doi.org/10.30872/retrotekin.v1i1.807>
- Aisyah, A., Azharuddin, A., Rizal, S., & Zulkifli, S. (2022). Studi Perbandingan Alat Bukti Saksi dalam KUHAP dan KUHAP Islam. *Kajian Ilmiah Hukum dan Kenegaraan*, 1(1), 1-11. doi:[10.35912/kihan.v1i1.1338](https://doi.org/10.35912/kihan.v1i1.1338)
- Amin, S., Wihdatunnisa, I., Aisyah, R., & Kurniawan, Y. S. (2024). Potensi Senyawa Kuersetin sebagai Antikanker Payudara melalui Pendekatan Molecular Docking. *Jurnal Ilmu Medis Indonesia*, 4(1), 41-51. doi:[10.35912/jimi.v4i1.4565](https://doi.org/10.35912/jimi.v4i1.4565)
- Arjek, O. C. H., & Fatimah, I. (2017). Modifikasi Zeolit dengan Tembaga (Cu) dan Uji Sifat Katalitiknya pada Reaksi Esterifikasi. *Indonesian Journal Of Chemical Research*, 2(1), 20-27. <https://doi.org/10.20885/ijcr.vol2.iss1.art3>
- Atima, W. (2015). BOD dan COD sebagai Parameter Pencemaran Air dan Baku Mutu Air Limbah. *Jurnal Biology Science and Education*, 4(1), 83-93. <https://doi.org/10.33477/bs.v4i1.532>
- Cho, M., Chung, H., Choi, W., & Yoon, J. (2004). Linear Correlation Between Inactivation of E. coli and OH Radical Concentration in  $\text{TiO}_2$  Photocatalytic Disinfection. *Water research*, 38(4), 1069-1077. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2003.10.029>
- Darmadi. (2014). Pengolahan Limbah Cair Pabrik Pupuk Urea Menggunakan Advanced Oxidation Processes. *Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan*, 10(1), 1-6. <https://doi.org/10.23955/rkl.v10i1.2166>
- Faisol, A., Paujiah, S., Russel, E., & Ramelan, M. R. (2022). Pelatihan dan Pendampingan Penggunaan Aplikasi Digital dalam Perencanaan Bisnis dan Keuangan BUMDes. *Jurnal Abdimas Multidisiplin*, 1(1), 35-40. doi:[10.35912/jamu.v1i1.1438](https://doi.org/10.35912/jamu.v1i1.1438)
- Farcaş, A. D. (2024). Social values and propaganda: theoretical perspectives of key concepts. *Revue internationale Animation, territoires et pratiques socioculturelles*, (25), 1-14.
- Fauzi, A. R., & Agung, T. (2018). Kombinasi Fenton dan Fotokatalis Sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Batik. *Jurnal Envirotek*, 10(1), 37-45. <https://doi.org/10.33005/envirotek.v10i1.1166>
- Guriev, S., & Treisman, D. (2015). How modern dictators survive: Cooptation, censorship, propaganda, and repression.
- Juniarsih, S., Noviani, N., Putri, A. N., & Rahayu, P. (2023). Perencanaan Rancangan Bangunan Filter Pengolahan Air Gambut Menggunakan Teknologi Coccoes Adsorben. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 11(2), 392-399. <https://doi.org/10.26418/jtlb.v11i2.65607>
- Marlina, S., & Santoso, A. I. (2022). Pengolahan Air Gambut Menjadi Air Bersih dengan Teknologi Sederhana di Kecamatan Sabangau Kelurahan Bangkirai Kota Palangka Raya: Indonesia. *Media Ilmiah Teknik Lingkungan (MITL)*, 7(2), 56-62. <https://doi.org/10.33084/mitl.v7i2.3554>

- Nyangaresi, P. O., Qin, Y., Chen, G., Zhang, B., Lu, Y., & Shen, L. (2019). Comparison of UV-LED Photolytic and UV-LED/TiO<sub>2</sub> Photocatalytic Disinfection for Escherichia coli in Water. *Catalysis Today*, 335, 200-207. <https://doi.org/10.1016/j.cattod.2018.11.015>
- Ramadhani, S. U., Destiarti, L., & Syahbanu, I. (2017). Degradasi Bahan Organik pada Air Gambut dengan Fotokatalis TiO<sub>2</sub> Lapis Tipis. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 6(1), 50-56.
- Said, Y. M., Achnopa, Y., Zahar, W., & Wibowo, Y. G. (2019). Karakteristik Fisika dan Kimia Air Gambut Kabupaten Tanjung Jabung Barat, Provinsi Jambi. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*, 11(2), 132-142. <https://doi.org/10.20885/jstl.vol11.iss2.art5>
- Sari, D. N., Amelia, D., Ramadhon, M. D., & Tiandho, Y. (2021). Pemanfaatan Metode Fenton dalam Pengolahan Limbah Cair Industri Sawit. *Proceedings of National Colloquium Research and Community Service*, 5(1), 145-148. <https://doi.org/10.33019/snppm.v5i0.2725>
- Sari, D. N., & Ansyarif, A. R. (2023). Pengaruh Waktu Degradasi Terhadap Fotodegradasi Zat Warna Fenol Red Menggunakan Katalis TiO<sub>2</sub>-Ag. *Jurnal Riset Multidisiplin*, 1(3), 100-104. <https://doi.org/10.61316/jrma.v1i3.14>
- Setiawan, O., & Widayanti, E. Q. (2023). Pengolahan Limbah Laundry dengan Metode Fenton. *CAKRA KIMIA (Indonesian E-Journal of Applied Chemistry)*, 11(2), 71-77.
- Shinta, N., Sembiring, R. D., & Pinem, D. E. (2023). Analisa Kebutuhan Air Bersih di Kawasan Permukiman Desa Blang Kolak I Kecamatan Bebesen Kabupaten Aceh Tengah. *Jurnal Sains dan Teknologi ISTP*, 20(1), 54-60. <https://doi.org/10.59637/jsti.v20i01.356>
- Sianita, M. S., Darmawan, A., & Azmiyawati, C. (2017). Uji Aktivitas Fotokatalis Genteng Berglasir Silika/TiO<sub>2</sub> Terhadap Degradasi Larutan Indigo Carmine, Metanil Yellow dan Rhodamin. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 20(2), 53-57. <https://doi.org/10.14710/jksa.20.2.53-57>
- Supriyantini, E., & Endrawati, H. (2015). Kandungan Logam Berat Besi (Fe) Pada Air, Sedimen, Dan Kerang Hijau (*Perna viridis*) Di Perairan Tanjung Emas Semarang. *Jurnal kelautan tropis*, 18(1), 38-45. <https://doi.org/10.14710/jkt.v18i1.512>
- Suryandari, A. S., Mustain, A., Pratama, D. W., & Maula, I. (2019). Studi Aktivitas Reaksi Fotokatalisis Berbasis Katalis TiO<sub>2</sub>-Karbon Aktif Terhadap Mutu Air Limbah Power Plant. *Jurnal Teknik Kimia dan Lingkungan*, 3(2), 95-101. <https://doi.org/10.33795/jtkl.v3i2.124>
- Suryanto, E., & Andriyus. (2024). Evaluasi Program Pemerintah Pengolahan Air Gambut Menjadi Air Bersih dan Layak Minum (Studi Kasus di Desa Kundur, Kecamatan Tebing Tinggi Barat, Kabupaten Kepulauan Meranti). *Civitas Academica: Jurnal Ilmiah Mahasiswa*, 2(1), 16-28.
- Teguh, D., Hanifah, W., Cendekia, D., Phelia, A., Sari, N. P., & Adib, A. W. (2024). Efektivitas Metode Fenton-TiO<sub>2</sub>-UV Terhadap Degradasi Warna dan Chemical Oxygen Demand pada Pengolahan Palm Oil Mill Effluent. *REACTOR: Journal of Research on Chemistry and Engineering*, 5(2), 93-99. <https://doi.org/10.52759/reactor.v5i2.160>
- Wildan, A., & Mutiara, E. V. (2019). Uji Aktivitas Fotokatalis TiO<sub>2</sub> Dopan-N Kombinasi Zeolit pada Pengolahan Limbah Farmasi. *Jurnal Inovasi Teknik Kimia*, 4(1). <https://doi.org/10.31942/inteka.v4i1.2701>
- Yuliana, Y. (2022). Peningkatan Daya Saing Bisnis melalui Technopreneurship. *Reviu Akuntansi, Manajemen, dan Bisnis*, 1(2), 103-113. doi:10.35912/rambis.v1i2.556
- Yuliwati, E., Rahayu, E. A., & Yuniar, H. (2023). Variasi Sinar Ultraviolet pada Sistem Membran Ultrafiltrasi untuk Pengolahan Air Gambut. *Jurnal Inovator*, 6(1), 12-17. <https://doi.org/10.37338/inovator.v6i1.3>