

Degradasi Warna dan pH pada Air Gambut Menggunakan Metode Fotokatalisis TiO₂ dengan Variasi UltraViolet

(Color Degradation and pH of Peat Water Using TiO₂ Photocatalysis Method with Ultraviolet Variations)

Amelia Putri¹, Erna Yuliawati², Mardwita³

Universitas Muhammadiyah Palembang, Palembang, Indonesia^{1,2,3}

erna_yuliawati@um-palembang.ac.id^{1,2,3}



Riwayat Artikel

Diterima pada 28 Mei 2024

Revisi 1 pada 10 Juni 2024

Revisi 2 pada 20 Juni 2024

Revisi 3 pada 1 Juli 2024

Disetujui pada 15 Juli 2024

Abstract

Purpose: This study aimed to evaluate the effectiveness of TiO₂ photocatalysis with varying UV light intensities in degrading color, reducing iron content, and improving pH in peat water, which is naturally acidic and rich in organics.

Methodology: Peat water was treated using TiO₂ doses of 1.5 g and 2.5 g under 24 W and 32 W UV lamps for 3–6 h. The analyzed parameters included color (TCU), pH, iron (Fe), and E. coli counts. The experiments used a batch reactor with multiple UV sources to enhance the photocatalytic activity.

Results: Color was completely removed (100%) under all treatment conditions. The highest Fe reduction (97.8%) occurred using 1.5 g TiO₂ under 24 W UV irradiation for 4 h. The highest pH increase (62.33%) was achieved using 2.5 g TiO₂ under 32 W UV for 6 h, raising the pH from 3.00 to 4.87. E. coli was fully eliminated in all variations.

Conclusion: TiO₂ photocatalysis effectively removed color, iron, and bacteria from peat water. However, although the pH improved, it remained below potable water standards, indicating the need for further treatment.

Limitation: The study was limited to laboratory-scale conditions and did not achieve neutral pH levels, requiring additional post-treatment and field validation for practical application.

Contribution: This study highlights TiO₂/UV photocatalysis as a promising method for advanced peat water treatment. This study offers insights into optimizing treatment parameters for improved water quality in future applications.

Keywords: Color Degradation, Peat Water, pH Improvement, TiO₂ Photocatalysis, Ultraviolet Irradiation.

How to Cite: Putri, A., Yuliawati, E., Mardwita, M. (2024). Degradasi Warna dan pH pada Air Gambut Menggunakan Metode Fotokatalisis TiO₂ dengan Variasi UltraViolet *Jurnal Teknologi Riset dan Terapan (Jatra)*, 2(2), 87-101.

1. Pendahuluan

Sumber air bersih saat ini sulit didapatkan sedangkan kebutuhan air bersih terus meningkat sejalan dengan peningkatan jumlah penduduk dan perkembangan pembangunan di segala sektor (Gusdini, Purwanto, Murtiaksnono, & Kholil, 2016). 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 berawa dan dataran rendah (Suartama & Dewi, 2023). Air gambut merupakan air yang terdapat di daerah rawa maupun dataran rendah. ciri-ciri air gambut yaitu berwarna merah kecoklatan, memiliki pH rendah dan kandungan zat organik yang tinggi sehingga air

gambut tidak memenuhi kualitas air bersih untuk digunakan dalam kehidupan sehari-hari (Kiswanto, Wintah, Rahayu, & Sulistiyowati, 2019).

Tanah gambut mengandung kation seperti Fe dan Mn. Air gambut terbentuk dari akumulasi tanaman berbau organik pada kondisi rawa yang stagnan, sehingga proses dekomposisi lambat Air gambut bisa dimanfaatkan sebagai air minum air baku industri jika telah diproses untuk menghilangkan kandungan kimia khususnya asam humat (Gusfiesi, Azis, Arif, & Munaf, 2014). Adapun karakteristik air gambut dapat dilihat pada Tabel 1. Asam humat memiliki kemampuan untuk berinteraksi dengan logam, oksida, hidroksida, mineral dan organik termasuk zat pencemaran yang beracun lainnya yang membuat racun tersebut lebih sulit untuk terurai secara alami (Firda, Mulyani, & Yuniarti, 2016). Asam humat juga merupakan precursor utama zat karsinogenik seperti trihalometan (THM), terbentuk selama proses klorinasi dalam produksi air minum sehingga menyebabkan penyakit kanker bila dikonsumsi (Yuliana, 2022).

Tabel 1. Karakteristik Air Gambut

Parameter	*Air Gambut	
	Sampel mg/L	Baku Mutu
TSS (mg/L)	24	50
Warna(TCU)	286	50
pH (mg/L)	3.00 - 2.46	6-9
BOD (mg/L)	1.57	2
E.Coli (MPN/100)	2.100	0
Fe (mg/L)	1.88	0.3

Sumber: Baku mutu mengacu pada Permenkes No.32 Tahun 2017 Tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan dan persyaratan Kesehatan air Untuk keperluan hygiene sanitasi

Pengolahan air gambut yang dapat dilakukan dengan metode teknologi oksidasi kimia lanjut. Teknologi oksidasi kimia lanjut dimana teknologi ini ion radikal hidroksil, yaitu Radikal yang merupakan sebuah radikal bebas yang memiliki energi potensial yang sangat tinggi (2,8 V), sehingga mudah bereaksi untuk mengoksidasi polutan menjadi CO₂ dan H₂O (Darmadi, 2014). Metode AOP yang umum digunakan adalah oksidasi feton, ozonisasi dan fotokatalisis (Brienza & Katsoyiannis, 2017). Teknologi alternatif yang berpotensi menghasilkan oksidator hydroxyl radical dalam pengolahan air gambut adalah metode fotokatalisis (Fauzi & Agung, 2018).

Fotokatalis merupakan suatu proses dimana gabungan antara proses kimia dan katalis yaitu melibatkan cahaya yang sebagai pemicu dan katalis sebagai pemercepat suatu proses transformasi dimana yang terjadi dengan bantuan radiasi sinar ultraviolet (UV) dan katalis semikonduktor (Darmawan, 2020). Kajian tentang pemanfaatan titanium dioksida (TiO₂) dan karbon aktif sebagai katalis heterogen pada reaksi fotokatalisis telah banyak dilakukan beberapa tahun terakhir (Hafiza Tri, Veny, & Puspa, 2021). Penelitian terdahulu menyebutkan bahwa penggunaan TiO₂ 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).

Titanium dioksida (TiO₂) merupakan semikonduktor yang berfungsi sebagai fotokatalis yang memiliki fotoaktivitas tinggi dan stabilitas kimia. TiO₂ memiliki potensial oksidasi yang besar, sehingga cukup kuat untuk mengoksidasi kebanyakan zat organik menjadi air, asam mineral dan karbon dioksida juga untuk mendegradasi zat warna (Widayanti, Widodo, & Haris, 2012). TiO₂ yang memiliki sifat semikonduktor yang apabila terpapar cahaya berupa sinar UltraViolet (UV) dengan energi yang sesuai, maka elektron (e⁻) pada garis valensi akan berpindah ke garis konduksi dan meninggalkan lubang positif (*hole*, h⁺) pada garis valensi. Terbentuknya h⁺ mampu menginisiasi reaksi oksidasi sedangkan adanya elektron (e⁻) akan menginisiasi reaksi reduksi di permukaan katalis (Ayuningtiyas, Hidayah, & Amalia, 2022).

Saat ini penggunaan fotokatalisis seperti TiO_2 adalah yang paling sering digunakan pada beberapa penelitian. Rahman and Sulistyowati (2023) menggunakan fotokatalisis TiO_2 untuk mendegradasi zat warna pada air gambut. Reaksi fotokatalisis ini telah banyak diterapkan pada pengolahan air limbah terutama limbah farmasi, limbah tekstil dan air gambut. Fotokatalisis memiliki keunggulan dibandingkan metode lain karena biaya yang relatif murah, kebutuhan bahan kimia jauh lebih rendah dan ramah lingkungan (Su, Zuo, Liu, & Tai, 2023). Air gambut belum dapat digunakan untuk kebutuhan sehari-hari, disebabkan karena karakteristik belum memenuhi standar air baku. maka akan dilakukan penelitian menggunakan metode Fotokatalisis untuk degradasi zat warna dan pH pada air gambut dengan menggunakan semikonduktor katalisis TiO_2 dengan menggunakan variasi sinar UV. Penggunaan fotokatalis dalam mendegradasi zat warna pada air gambut belum banyak dilaporkan dalam literatur walaupun proses ini digunakan sebagai post-treatment yang diharapkan dapat meningkatkan efisiensi untuk pengolahan air gambut menjadi air baku (Riski & Widiana, 2020).

2. Metode Penelitian

2.1 Waktu dan Tempat

Penelitian dilakukan pada bulan Maret 2023. Pengambilan sampel air gambut dilakukan di tanjung api-api kabupaten Banyuwasin. Penelitian ini dilakukan dilaboratorium Universitas Muhammadiyah Waktu penelitian dilakukan dari pukul 08.00 – 17.00 WIB.

2.2 Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah air gambut, Titanium dioksida TiO_2 (rutile). Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah corong plastik diameter 30 cm, kertas saring whatman 2,5 μm , pH meter universal indikator MQuant, beaker glass 1000 mL, beaker glass 100 mL, pyrex, reaktor batch, neraca analitik, 4 buah ultraviolet 8 watt, 4 buah Ultraviolet 6 watt, stopwatch, magnetic stirrer, botol sampel 1L, spatula glass.

2.3 Metode

Pada penelitian ini terdapat 3 variabel yaitu variabel tetap, variabel peubah dan variabel terikat. Variabel tetap dalam penelitian ini adalah volume sampel untuk fotokatalis yang digunakan 1 liter dan jarak pemaparan (8 cm). Variabel peubah dalam penelitian ini adalah massa TiO_2 yang dimasukkan 1,5 dan 2,5 gram dan variasi waktu Penyinaran selama 3, 4, 5, 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 Metode Fotokatalisis Titanium Dioksida Menggunakan Variasi UltraViolet

Sebelumnya sudah dilakukan percobaan terhadap air gambut sebelum pemaparan metode fotokatalisis TiO_2 untuk mengetahui kandungan yang terdapat pada air gambut tersebut. Kandungan air gambut yang sudah di analisis seperti TSS, Warna, Bakteri, Besi, pH, BOD dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2. Sampel Awal Air Gambut

No	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum Air Sungai Kelas 1	Hasil
1	TSS	mg/L	50	24
2	Warna	Skala TCU	-	20
3	Bakteri	CFU/100 ml	0	2.100
4	Besi	mg/L	0,3	1,88
5	pH	-	6-9	3.00
6	BOD	mg/L	2	1,57

3.1.1 Analisis Nilai BOD

BOD (*Biological Oxygen Demand*) adalah suatu karakteristik jumlah oksigen terlarut yang diperlukan oleh mikroorganisme hidup untuk memecah atau mengoksidasi bahan-bahan buangan dalam air. Prinsip pemeriksaan parameter BOD didasarkan pada reaksi oksidasi zat organik dengan oksigen dalam air dan terjadi karena adanya bakteri aerob. Jika BOD mendefinisikan sebagai gambaran jumlah bahan organik yang dapat terurai secara biologis (bahan organik mudah urai), maka COD memberikan gambaran jumlah total bahan organik yang mudah urai maupun yang sulit terurai (*nonbiodegradable*) (Atima, 2015). Banyaknya radikal hidroksil yang terbentuk akan mengoksidasi bahan organik dan menjadi senyawa yang lebih sederhana dan kemudian menjadi CO₂ dan H₂O (Diana Novita Sari, Amelia, Ramadhon, & Tiandho, 2021). Dapat dilihat dari Tabel 2 di atas bahwa nilai maksimum standar baku mutu BOD (*Biological Oxygen Demand*) adalah 2 mg/L. Kandungan *Biological Oxygen demand (BOD)* yang dimiliki oleh sampel air gambut yang digunakan senilai 1,57 mg/L, dimana hasil tersebut sudah memenuhi standar baku mutu yang dimiliki oleh BTKLPP Palembang sehingga tidak perlu dilakukan pengujian ulang pada sampel.

3.1.2 Analisis Nilai Total Suspended Solid (TSS)

Total Suspended Solid (TSS) adalah semua zat padat atau partikel-partikel yang tersuspensi dalam air yang tertahan pada saringan mili pore dengan diameter pori 0,45 mikrometer atau lebih besar dari ukuran partikel koloid. *Total Suspended Solid (TSS)* merupakan ukuran kualitas air yang berguna untuk mengetahui tingkat pencemaran air. Semakin tinggi nilai *Total Suspended Solid (TSS)* semakin buruk kualitas air. Pada pengujian *Total Suspended Solid (TSS)* baku mutu yang digunakan mengacu pada Permenkes No. 32 Tahun 2017 Tentang Standar baku mutu kesehatan lingkungan dan persyaratan kesehatan air untuk keperluan *hygiene* sanitasi. Berdasarkan tabel di atas pada Tabel 2. dapat dilihat bahwa standar maksimum dari *Total Suspended Solid (TSS)* yaitu 50 mg/L, setelah melakukan pengujian sampel awal didapatkan *Total Suspended Solid (TSS)* pada sampel air gambut yang digunakan senilai 24 mg/L. Hasil pengujian sampel yang di dapatkan sudah memenuhi nilai standar maksimum baku mutu yang dimiliki oleh BTKLPP Palembang, sehingga tidak perlu dilakukan pengujian ulang untuk *Suspended Solid (TSS)* pada sampel air gambut.

3.1.3 Analisis Nilai pH

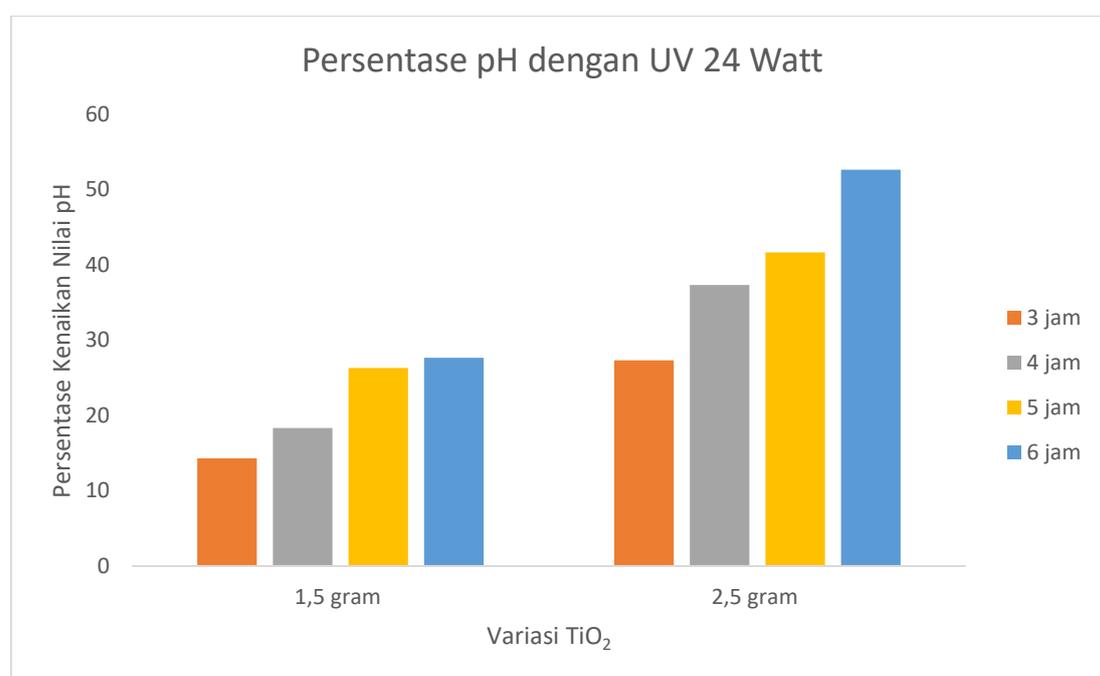
Power of Hydrogen (pH) adalah skala yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan yang dimiliki oleh suatu larutan. Air gambut memiliki kandungan pH yang rendah dimana dapat membahayakan apabila digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Ukuran partikel katalis TiO₂ sangat dipengaruhi oleh pH. Semakin asam atau basa suatu limbah maka ukuran katalis TiO₂ akan semakin kecil, sehingga luas permukaannya semakin besar. Dalam keadaan asam maka permukaan katalis akan bermuaran positif, sehingga daya tolak antar partikel katalis akan semakin besar yang menyebabkan katalis akan terdistribusi merata diseluruh spesi cairan. Begitu pula sebaliknya dalam keadaan basa. Pada proses ini baku mutu yang digunakan mengacu pada Permenkes No. 32 Tahun 2017 Tentang Standar baku mutu kesehatan lingkungan dan persyaratan kesehatan air untuk keperluan *hygiene* sanitasi. Berdasarkan penelitian pada Tabel 3 dibawah diperoleh hasil persentase nilai pH meningkat disetiap penambahan variasi TiO₂ sebanyak 1,5 gram atau 2,5 gram dengan variasi kontak pemaparan sampel selama 3 jam, 4 jam, 5 jam, 6 jam yang menggunakan variasi penyinaran UltraViolet (UV) 24 watt dan 32 watt. Berdasarkan hasil penelitian nilai pH dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3. Nilai Kadar pH

UV (W)	TiO ₂ (gram)	Waktu (jam)	Hasil Akhir pH	Maksimum Standar Baku Mutu	Persentase kenaikan %
24 watt	1,5 gram	0 jam	3,00	6-9	0 %
		3 jam	3,43	6-9	14,33 %
		4 jam	3,55	6-9	18,33 %
		5 jam	3,79	6-9	26,33 %

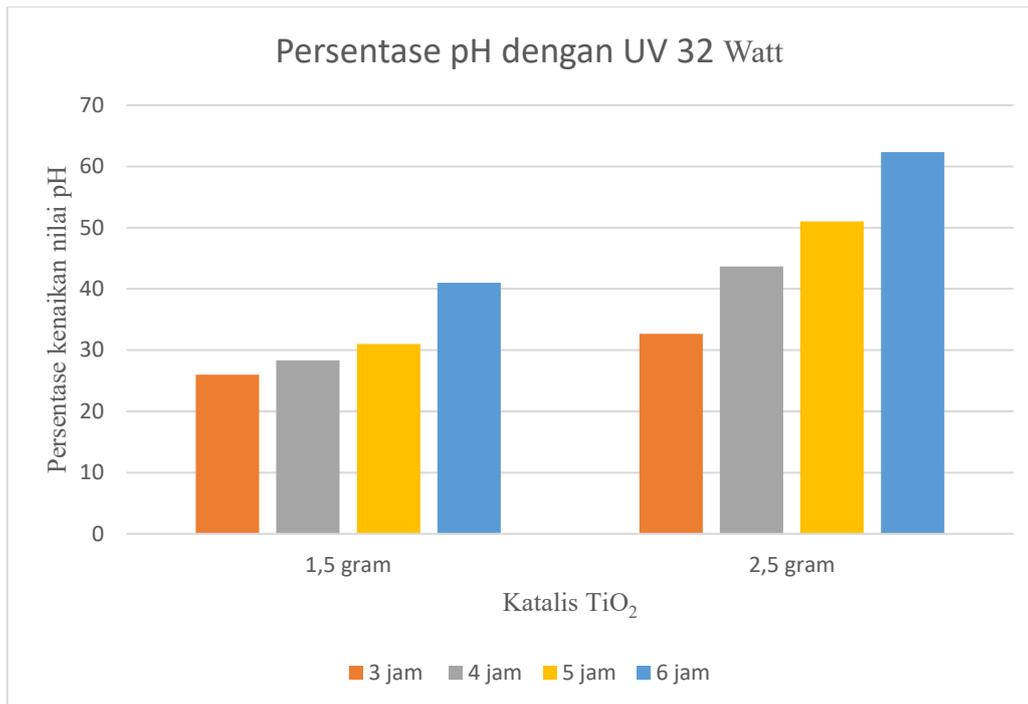
		6 jam	3,83	6-9	27,66 %
24 watt	2,5 gram	0 jam	3,00	6-9	0 %
		3 jam	3,82	6-9	27,33 %
		4 jam	4,12	6-9	37,33 %
		5 jam	4,25	6-9	41,66 %
		6 jam	4,58	6-9	52,66 %
32 watt	1,5 gram	0 jam	3,00	6-9	0 %
		3 jam	3,78	6-9	26,00 %
		4 jam	3,85	6-9	28,33 %
		5 jam	3,93	6-9	31,00 %
		6 jam	4,23	6-9	41,00 %
32 watt	2,5 gram	0 jam	3,00	6-9	0 %
		3 jam	3,98	6-9	32,66 %
		4 jam	4,31	6-9	43,66 %
		5 jam	4,53	6-9	51,00 %
		6 jam	4,87	6-9	62,33 %

Dengan semua penambahan TiO_2 , lama waktu pemamparan dengan variasi sinar UltraViolet (UV) didapatkan hasil yang efektif, kadar nilai pH pada sampel air gambut ini belum memenuhi standar baku mutu. Berdasarkan Tabel 3 didapat grafik sebagai berikut :



Gambar 1. Persentase Nilai pH pada Proses Fotokatalisis TiO_2 Menggunakan Variasi UV 24 Watt

Berdasarkan grafik pada Gambar 1 dapat dilihat bahwa persentase kenaikan nilai pH pada pemamparan sinar UltraViolet (UV) 24 watt didapatkan hasil persentase tertinggi dengan menggunakan TiO_2 sebanyak 2,5 gram dengan waktu kontak Selama 6 jam didapatkan hasil persentase sebesar 52,66%.



Gambar 2. Persentase Nilai pH pada Proses Fotokatalisis TiO₂ Menggunakan Variasi UV 32 Watt

Pada pemaparan dengan sinar UV 32 Watt, mendapatkan hasil persentase tertinggi dengan menggunakan TiO₂ 2,5 gram dan waktu kontak 6 jam didapatkan persentase sebesar 62,33%. dalam hal ini semakin besar penambahan katalis TiO₂ didalam air gambut dan lamana waktu pemaparan menyebabkan nilai pH semakin meningkat. Tetapi pada proses degradasi ini belum maksimal dikarenakan pH yang di hasilkan belum memenuhi standar baku mutu yang di miliki oleh BTKLPP Palembang. Fenomena yang sama juga dialami oleh Adnan, Hidayat, and Meicahayanti (2021) dimana pada pH rendah yaitu pada kondisi pH 3 (asam) maka proses degradasi bahan organik optimum

3.1.4 Analisis Kadar Besi (Fe)

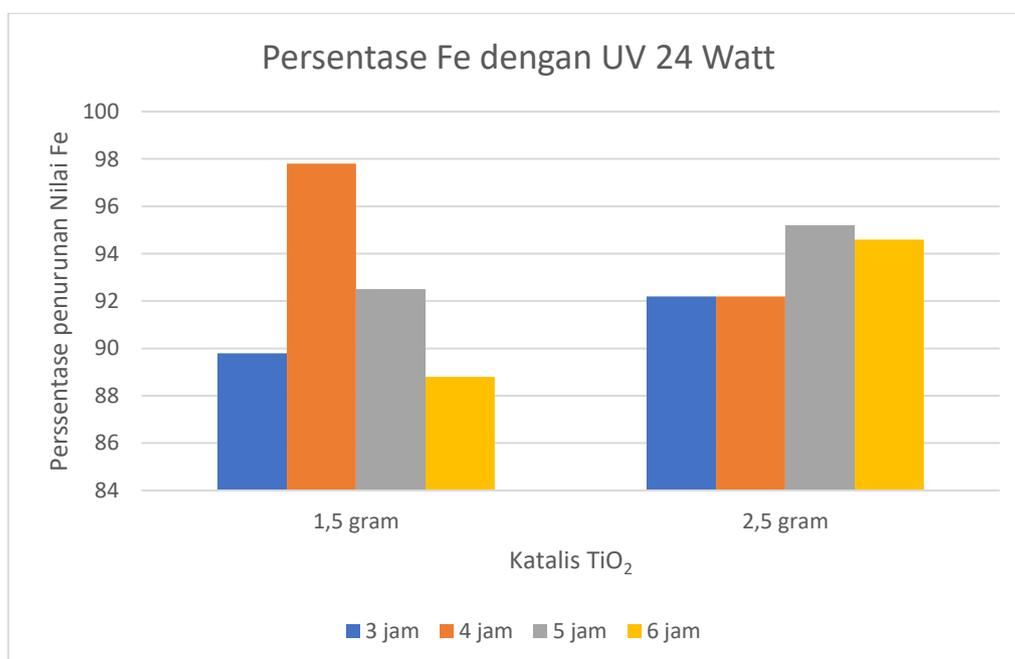
Fe merupakan logam dalam deret transisi pertama. Besi adalah unsur paling umum di bumi berdasarkan massa, membentuk Sebagian besar bagian inti luar dan dalam bumi. Essensial yang keberadaannya dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan oleh organisme hidup, namun dalam jumlah berlebih dapat menimbulkan 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).

Pada proses ini baku mutu yang digunakan mengacu pada Permenkes No. 32 Tahun 2017 Tentang Standar baku mutu kesehatan lingkungan dan persyaratan kesehatan air untuk keperluan *hygiene* sanitasi. Berdasarkan penelitian pada tabel 4.4 didapatkan hasil penurunan nilai Fe. Persentase penurunan tertinggi pada proses ini dengan penambahan TiO₂ 1,5 gram pada waktu kontak 4 jam dengan variasi UV 24 Watt sebesar 97,80 % Berdasarkan hasil penelitian nilai Fe dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4. Nilai Kadar Fe

UV	TiO ₂ (gram)	Waktu (jam)	Hasil Fe (mg/L)	Mksimum Standar Baku Mutu (mg/L)	Persentase Penurunan (%)
24 watt	1,5 gram	0 jam	1,88 mg/L	1 mg/L	0 %
		3 jam	0,19 mg/L	1 mg/L	89,8 %
		4 jam	0,04 mg/L	1 mg/L	97,8 %
		5 jam	0,14 mg/L	1 mg/L	92,5 %
		6 jam	0,21 mg/L	1 mg/L	88,8 %
24 watt	2,5 gram	0 jam	1,88 mg/L	1 mg/L	0 %
		3 jam	0,14 mg/L	1 mg/L	92,2%
		4 jam	0,14 mg/L	1 mg/L	92,2 %
		5 jam	0,09 mg/L	1 mg/L	95,2 %
		6 jam	0,10 mg/L	1 mg/L	94,6 %
32 watt	1,5 gram	0 jam	1,88 mg/L	1 mg/L	0 %
		3 jam	0,12 mg/L	1 mg/L	93,6 %
		4 jam	0,21 mg/L	1 mg/L	88,8 %
		5 jam	0,59mg/L	1 mg/L	68,6 %
		6 jam	0,11mg/L	1 mg/L	94,2 %
32 watt	2,5 gram	0 jam	1,88 mg/L	1 mg/L	0 %
		3 jam	0,27 mg/L	1 mg/L	85,6 %
		4 jam	0,15 mg/L	1 mg/L	92,0 %
		5 jam	0,13 mg/L	1 mg/L	93,0 %
		6 jam	0,10 mg/L	1 mg/L	94,6 %

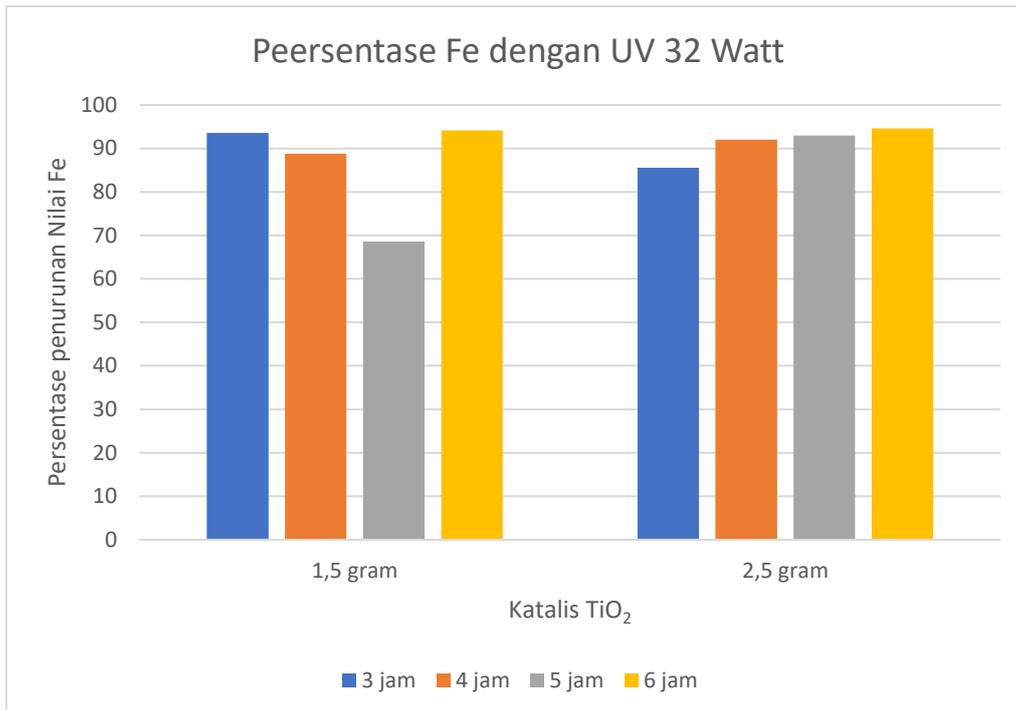
Pada proses ini hasil yang didapatkan sudah memenuhi standar baku mutu di miliki oleh BTKLPP Palembang. Berdasarkan Tabel 4 didapat grafik sebagai berikut:



Gambar 3. Persentase Penurunan Nilai Fe pada proses fotokatalisis TiO₂ dengan 24 Watt

Berdasarkan grafik diatas pada Gambar 3 dapat dilihat seluruh hasil sampel sudah memenuhi standar baku mutu. Pada proses fotokatalisis dengan penambahan katalis TiO₂ 1,5 gram atau 2,5 gram dengan waktu kontak 3, 4, 5 dan 6 jam dengan menggunakan penyinaran Ultra Violet (UV) 24 watt. didapatkan

hasil persentase penurunan melalui metode fotokatalisis dengan menggunakan katalis TiO_2 sebanyak 1,5 gram dengan waktu kontak pemaparan selama 4 jam menghasilkan persentase penurunan 97,80 %.



Gambar 4. Persentase Penurunan Nilai Fe pada proses fotokatalisis TiO_2 dengan 32 Watt

Persentas Berdasarkan grafik diatas pada Gambar 4 penurunan pada pemaparan sinar UltraViolet (UV) 32 Watt yaitu dengan menggunakan katalis TiO_2 2,5 gram dengan waktu kontak 6 jam menghasilkan persentase penurunan 94,60 %. Hal ini disebabkan penurunan aktifitas katalis TiO_2 dapat disebabkan oleh jenuh nya sisi aktif dari katalis sehingga kemampuan katalis dalam menyediakan sisi aktif untuk menurunkan nilai Fe akan berkurang (Suryandari, Mustain, Pratama, & Maula, 2019). Lamanya waktu kontak pemaparan, banyaknya katalis yang tambahkan pada proses fotokatalisis dan besar nya watt lampu UV yang digunakan tidak mempengaruhi konsistensi penurunan persentase kadar besi yang terkandung di dalam air gambut.

3.1.5 Analisis Nilai Warna

Warna adalah spektrum tertentu yang terdapat didalam suatu cahaya sempurna (berwarna putih). 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.



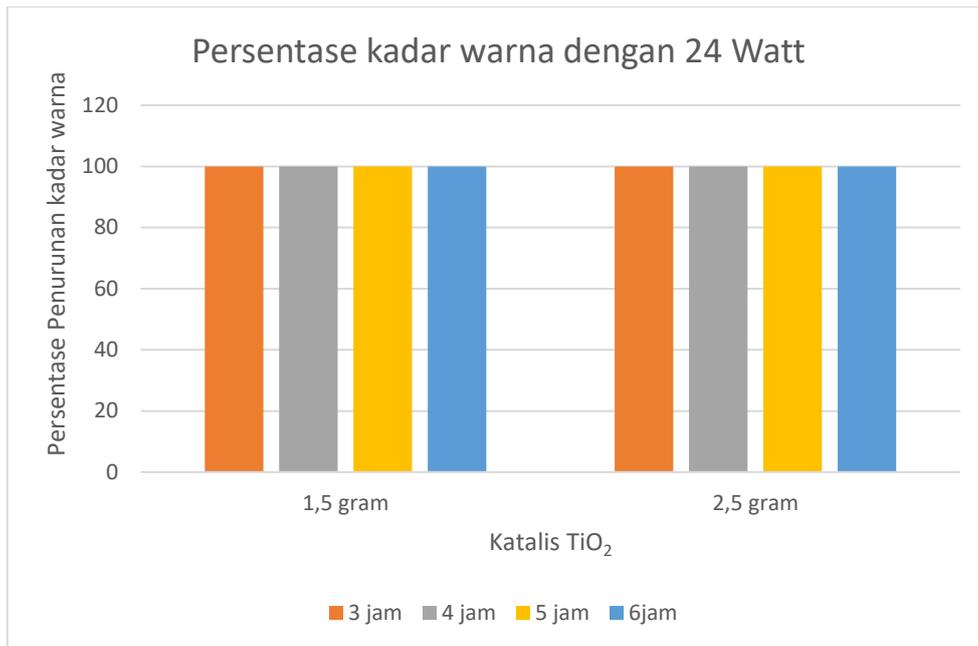
Gambar 5. Perbandingan Warna Air Gambut Sebelum Diproses dan Setelah Diproses

Pada Tabel 5 dibawah didapatkan hasil penurunan degradasi warna dengan menggunakan proses fotokatalisis dengan penambahan katalis TiO_2 , dimana katalis yang ditambahkan dalam proses fotokatalisis air gambut sebanyak 1,5 gram atau 2,5 gram dengan waktu kontak 3 jam, 4 jam, 5 jam, 6, jam dengan menggunakan pemaparan sinar UltraViolet (UV) 24 watt dan 32 watt maka didapatkan hasil yang sangat efektif dari semua variasi proses. Berdasarkan hasil penelitian nilai warna dapat dilihat pada tabel berikut :

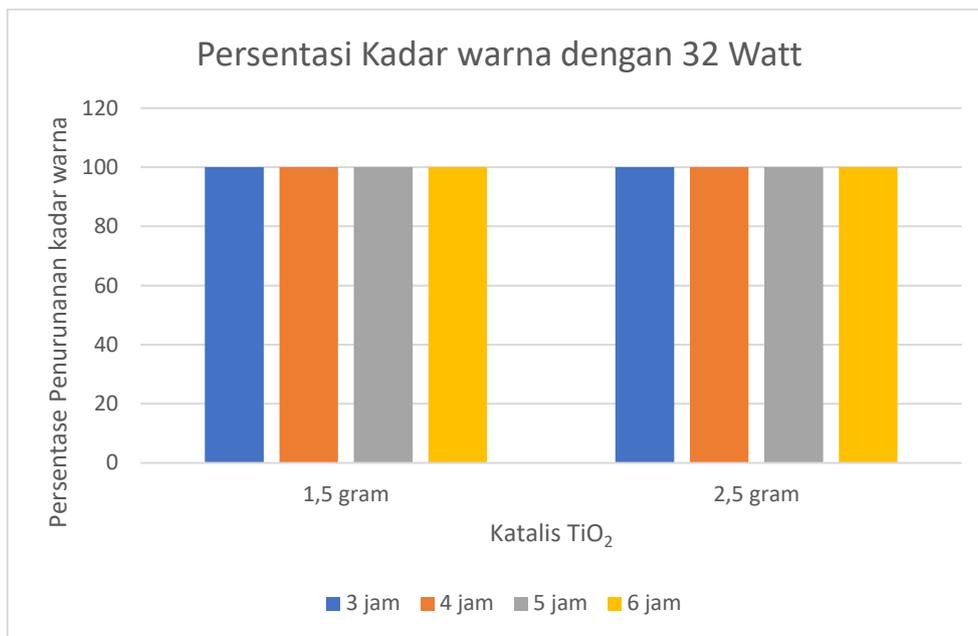
Tabel 5. Nilai Kadar Warna

UV	TiO_2 (gram)	Waktu (jam)	Hasil Warna (Skala TCU)	Maksimum Standar Baku Mutu (Skala TCU)	Persentase Penurunan %		
	0 gram	0 jam	20 Skala TCU	50 Skala TCU	0 %		
24 Watt	1,5 gram	3 jam	0 Skala TCU	50 Skala TCU	100 %		
		4 jam	0 Skala TCU	50 Skala TCU	100 %		
		5 jam	0 Skala TCU	50 Skala TCU	100 %		
		6 jam	0 Skala TCU	50 Skala TCU	100 %		
24 watt	2,5 gram	0 jam	0 Skala TCU	50 Skala TCU	0 %		
		3 jam	0 Skala TCU	50 Skala TCU	100 %		
		4 jam	0 Skala TCU	50 Skala TCU	100 %		
		5 jam	0 Skala TCU	50 Skala TCU	100 %		
		6 jam	0 Skala TCU	50 Skala TCU	100 %		
		0 jam	0 Skala TCU	50 Skala TCU	0 %		
		32 Watt	1,5 gram	3 jam	0 Skala TCU	50 Skala TCU	100 %
				4 jam	0 Skala TCU	50 Skala TCU	100 %
5 jam	0 Skala TCU			50 Skala TCU	100 %		
6 jam	0 Skala TCU			50 Skala TCU	100 %		
32 Watt	2,5 gram	0 jam	0 Skala TCU	50 Skala TCU	0 %		
		3 jam	0 Skala TCU	50 Skala TCU	100 %		
		4 jam	0 Skala TCU	50 Skala TCU	100 %		
		5 jam	0 Skala TCU	50 Skala TCU	100 %		
		6 jam	0 Skala TCU	50 Skala TCU	100 %		

Berdasarkan data Tabel 5, baku mutu yang digunakan mengacu pada Permenkes No. 32 Tahun 2017 Tentang Standar baku mutu kesehatan lingkungan dan persyaratan kesehatan air untuk keperluan *hygiene* sanitasi. Hasil yang didapatkan sudah memenuhi syarat maksimum standar baku mutu. Berdasarkan Tabel 5 maka didapat grafik sebagai berikut:



Gambar 6. Persentase Penurunan Warna pada Proses Fotokatalis TiO₂ dengan 24 Watt



Gambar 7. Persentase Penurunan Warna Pada Proses Fotokatalis TiO₂ dengan 32 Watt

Berdasarkan grafik diatas pada Gambar 6 dan Gambar 7 didapatkan hasil persentase penurunan yang efektif pada setiap pemaparan proses fotokatalisis TiO₂ semua variasi proses yang dilakukan baik penambahan TiO₂ sebanyak 1,5 gram maupun 2,5 gram dengan waktu kontak 3jam, 4jam, 5jam, 6jam dan dilakukan penyinaran menggunakan UltraViolet (UV) 24 watt dan 32 watt semua hasil yang didapatkan sudah memnuhi standar baku mutu. Dengan penambahan TiO₂ lebih besar akan menghasilkan energi fenton yang cukup dan semakin lama waktu penyinaran maka semakin banyak energi fonton 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).

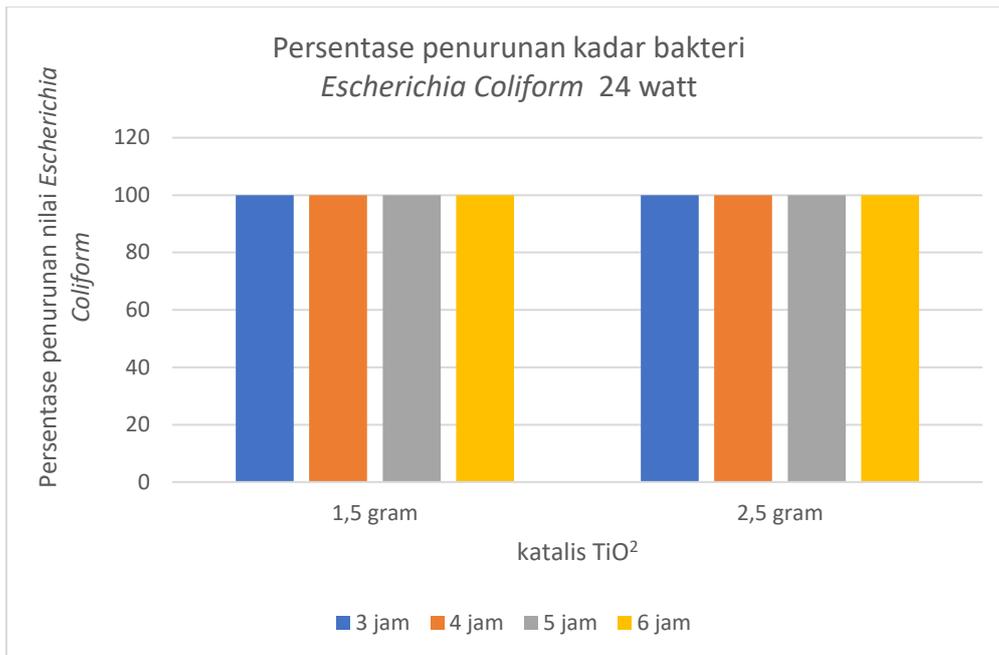
3.1.6 Analisis Nilai Bakteri

Bakteri *Escherichia Coliform* adalah golongan bakteri intestinal, yaitu hidup dalam saluran pencernaan manusia. Bakteri *Escherichia Coliform* adalah bakteri indikator keberadaan bakteri patogenik lain. Lebih tepatnya, sebenarnya, bakteri *Escherichia 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. Penyinaran sinar ultraviolet pada mikroorganisme berpengaruh pada pertumbuhan sel mikroorganisme. Ultraviolet pada panjang gelombang 400 nm dapat mematikan mikroorganisme karena dapat menyebabkan kerusakan pada DNA. Radiasi ultraviolet dalam rentang 250-400 nm sangat mematikan bagi sebagian besar mikroorganisme termasuk jamur, bakteri, virus, protozoa dan algae. Didapatkan bahwa kerusakan sel bakteri *E. coli* disebabkan oleh pengaruh sinar ultraviolet (Apriyanthi, Ratnawati, & Kawuri, 2021). Jika energy radiasi diserap oleh sel mikroorganisme akan menyebabkan terjadinya ionisasi komponen sel yang dapat menyebabkan kematian, perubahan genetika dan dapat pula menghambat pertumbuhan sel bakteri. Berdasarkan hasil penelitian nilai bakteri didapat pada tabel berikut.

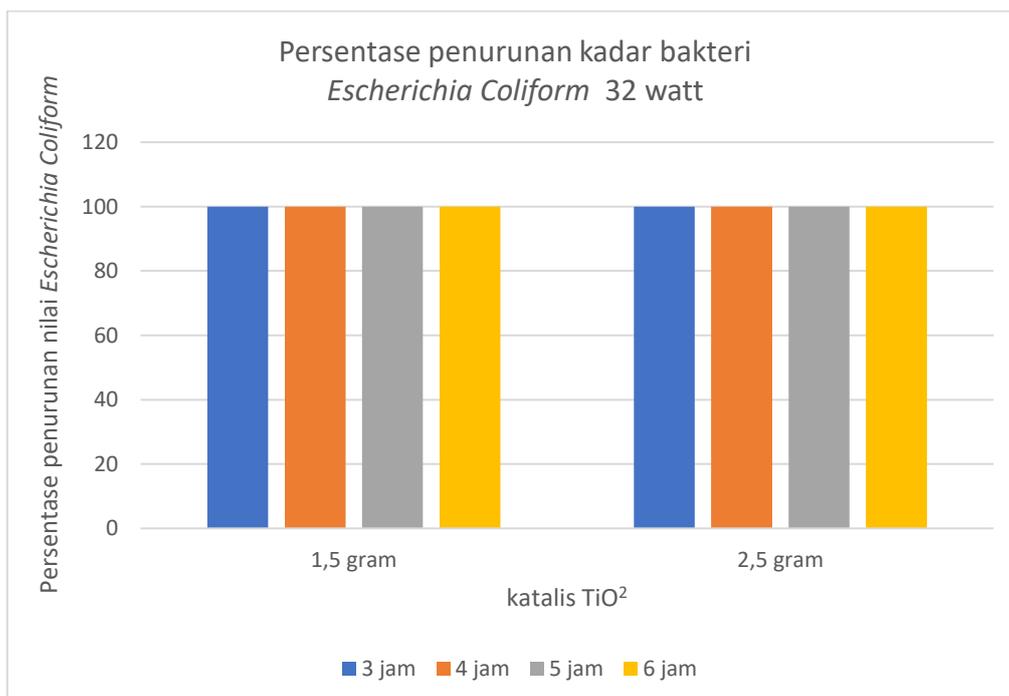
Tabel 6. Nilai Kadar Bakteri *Escherichia Coliform*

UV	TiO ₂ (gram)	Waktu (jam)	Hasil <i>Escherichia Coliform</i> MPN/100	Maksimum Standar Baku Mutu	Persentase penurunan (%)
24	1,5 gram	0 jam	2100	0	0 %
		2 jam	0	0	100 %
		3 jam	0	0	100 %
		4 jam	0	0	100 %
		6 jam	0	0	100 %
24	2,5 gram	0 jam	2100	0	0 %
		2 jam	0	0	100 %
		3 jam	0	0	100%
		4 jam	0	0	100 %
		6 jam	0	0	100 %
32	1,5 gram	0 jam	2100	0	0 %
		2 jam	0	0	100 %
		3 jam	0	0	100%
		4 jam	0	0	100 %
		6 jam	0	0	100 %
32	2,5 gram	0 jam	2100	0	0 %
		2 jam	0	0	100 %
		3 jam	0	0	100%
		4 jam	0	0	100 %
		6 jam	0	0	100 %

Berdasarkan Permenkes RI No. 02 tahun 2023 Tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan untuk keperluan Higiene dan Sanitasi. Pada tabel 4.6 diatas maka didapat hasil proses fotokatalisis TiO₂ dengan semua variasi penambahan TiO₂ 1,5 gram dan 2,5 gram dengan waktu kontak 3 jam, 4 jam, 5 jam, 6 jam dengan menggunakan sinar UltraViolet (UV) 24 Watt dan 32 Watt mendapatkan hasil sangat baik untuk menurunkan bakteri *Escherichia Coliform*. Berdasarkan Tabel 6 maka didapat grafik sebagai berikut :



Gambar 8. Persentase Penurunan Nilai bakteri *Escherichia Coliform* pada proses fotokatalisis TiO₂ dengan UV 24 watt



Gambar 9. Persentase Penurunan Nilai bakteri *Escherichia Coliform* pada proses fotokatalisis TiO₂ dengan UV 32 watt

Berdasarkan grafik pada Gambar 8 dan Gambar 9 dapat dilihat dengan semua variasi penambahan TiO₂ sebanyak 1,5 dan 2,5 gram dengan lama waktu 3 jam, 4 jam, 5 jam dan 6 jam dengan variasi lampu UV 24 Watt dan 32 Watt pada proses fotokatalisis, didapatkan hasil yang sangat efektif untuk menurunkan bakteri *Escherichia Coliform* didalam air gambut dengan keberhasilan persentase penurunan 100 %. Pada proses fotokatalis ini semua hasil yang di dapatkan sudah memenuhi standar baku mutu yang di miliki oleh BTKLPP Palembang. Hal ini disebabkan karena adanya proses oksidasi yang terjadi pada TiO₂ saat pemamparan sinar Ultra violet menghasilkan OH⁻ radikal, dimana adanya hubungan linier antara proses fotokatalis dengan konsentrasi OH⁻ radikal yang dihasilkan dalam mengidentifikasi

Escherichia Coliform. Sehingga dapat dikatakan bahwa penambahan TiO₂ sebagai katalis pada proses ini sangat berpengaruh untuk meningkatkan inaktivasi bakteri *Escherichia Coliform*.

Konsentrasi TiO₂ yang tinggi dapat meningkatkan spesies reaktif yang berfungsi untuk menginaktivkan *Escherichia Coliform* (Nyangaresi et al., 2019). Dimana dengan semakin meningkatnya konsentrasi katalis TiO₂ pada proses fotokatalis dapat meningkatkan produksi OH⁻ (Wildan & Mutiara, 2019). Dinding sel *Escherichia Coliform* yang tipis mengakibatkan dengan mudahnya OH⁻ radikal menembusnya hingga ke DNA dan mengakibatkan lisis serta kematian pada bakteri. Penyinaran ultraviolet pada *Escherichia Coliform* dapat mempengaruhi suseptibilitas sel pada *Escherichia Coliform* sehingga dapat menghambat pertumbuhan (Labina & Purnomo, 2022). Mekanisme dari proses fotokatalisis untuk meningkatkan ion hidroksil OH⁻ radikal yang mana aktif dalam proses oksidasi untuk merusak DNA *Escherichia Coliform*, OH⁻ yang terbentuk bereaksi langsung menuju dinding sel bakteri (Rosariawari, Masduki, & Hadi, 2012).

4. Kesimpulan

4.1 Kesimpulan

Reaktor batch yang digunakan berbentuk balok dengan dilengkapi 4 lampu UV di setiap sisinya dengan jumlah daya 24 watt dan 32 watt, stirrer yang berukuran 4 cm dan tabung sampel yang memiliki volume 1000 mL dapat digunakan sebagai reaktor dalam proses Fotokatalisis TiO₂. Penelitian menggunakan Metode Fotokatalisis TiO₂ dengan penambahan katalis TiO₂ sebanyak 1,5 gram dan 2,5 gram dengan waktu kontak selama 3 jam, 4 jam, 5 jam, 6 jam dan menggunakan pemaparan sinar Ultra Violet 24, 32 watt mampu meningkatkan efisiensi degradasi kadar uji parameter pada air gambut. Penurunan terbaik dalam parameter uji yang dilakukan pada Metode Fotokatalisis TiO₂ sebesar 97,8 % pada pengujian Fe dengan penggunaan katalis TiO₂ 1,5 gram, waktu kontak selama 4jam, menggunakan daya UV 24 watt. Peningkatan nilai pH pada penambahan 2,5 gram katalis TiO₂ waktu kontak selama 6 jam menggunakan UV 32 watt sebesar 62,33% dan pengujian bakteri *Escherichia Coliform* mendapatkan hasil yang terbaik 0 MPN/100 (100 %) di semua variasi pada setiap prosesnya. Semakin tinggi konsentrasi katalis TiO₂ yang digunakan dan semakin lama pemaparan UV pada pengolahan air gambut maka semakin tinggi degradasi bahan organik yang dihasilkan pada air gambut.

4.2 Saran

Perlu dilakukan proses post-treatment sebelum masuk ke Metode fotokatalisis TiO₂ agar mendapatkan pH optimum netral dengan menggunakan proses fitoremediasi air gambut. Sampel yang sudah melalui proses fotokatalisis TiO₂. Perlu dilakukan pengendapan selama 1 x 24 jam dan dilakukan 2 kali penyaringan agar hasil sampel dapat lebih maksimal.

References

- Adnan, F., Hidayat, R. K., & Meicahayanti, I. (2021). Pengaruh pH, UV dan TiO₂ untuk Mendegradasi Variasi Asam Humat Berbasis Fotokatalis. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 5(2), 9-16. [Http://dx.doi.org/10.30872/jtlunmul.v5i2.7002](http://dx.doi.org/10.30872/jtlunmul.v5i2.7002)
- Apriyanthi, R. V., Ratnawati, I. G. A., & Kawuri, R. (2021). Pengaruh Sinar Ultraviolet Terhadap Pertumbuhan Bakteri Enterotoxigenic E. coli (ETEC) Penyebab Penyakit Diare. *Bioma: Jurnal Biologi Makassar*, 6(1), 66-73. <https://doi.org/10.20956/bioma.v6i1.12157>
- 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>
- Ayuningtiyas, K. K., Hidayah, E. N., & Amalia, A. (2022). Kapasitas Resin Immobilized Photocatalyst Technology (RIPT) untuk Menurunkan Parameter BOD Limbah Cair Industri Tahu. *INSOLOGI: Jurnal Sains dan Teknologi*, 1(5), 595-602. <https://doi.org/10.55123/insologi.v1i5.1002>

- Brienza, M., & Katsoyiannis, I. A. (2017). Sulfate Radical Technologies as Tertiary Treatment for the Removal of Emerging Contaminants from Wastewater. *Sustainability*, 9(9), 1-18. <https://doi.org/10.3390/su9091604>
- Connor, K. M., & Davidson, J. R. (2003). Development of a new resilience scale: The Connor-Davidson resilience scale (CD-RISC). *Depression and anxiety*, 18(2), 76-82.
- 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>
- Darmawan, M. D. (2020). Penyisihan Linear Alkylbenzene Sulfonate (LAS) dan Total Dissolved Solid (TDS) Menggunakan Proses Fotokatalis dengan Kombinasi Katalis TiO₂-ZnO. *ENVIROTEK: Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 12(1), 35-43. <https://doi.org/10.33005/envirotek.v12i1.46>
- 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>
- Firda, Mulyani, O., & Yuniarti, A. (2016). Pembentukan, Karakterisasi Serta Manfaat Asam Humat Terhadap Adsorpsi Logam Berat. *soilrens*, 14(2), 9-13. <https://doi.org/10.24198/soilrens.v14i2.11032>
- Gusdini, N., Purwanto, M. Y. J., Murtiaksnono, K., & Kholil. (2016). Kelangkaan Air Bersih: Telaah Sistem Pelayanan Penyediaan Air Bersih di Kabupaten Bekasi. *Jurnal Sumber Daya Air*, 12(2), 175-186. <https://doi.org/10.32679/jsda.v12i2.64>
- Gusfiyesi, A. A., Azis, H., Arif, S., & Munaf, E. (2014). Degradation of Humic Acid as Peat Water Degradation Model by TiO₂ Thin Layer Photocatalytic Reactor. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 5(4), 918-930.
- Hafiza Tri, M., Veny, P., & Puspa, R. (2021). Pemanfaatan Teknologi Informasi dan Manajemen Perubahan Organisasi dalam Mendukung Bisnis Berkelanjutan Pasca Covid-19 pada UMKM di Kota Bengkulu. *Jurnal Bisnis Dan Pemasaran Digital*, 1(1), 33-41. doi:[10.35912/jbpd.v1i1.450](https://doi.org/10.35912/jbpd.v1i1.450)
- Kiswanto, Wintah, Rahayu, N. I., & Sulistiyowati, E. (2019). Pengolahan Air Gambut Menjadi Air Bersih Secara Kontinyu di Desa Peunaga Cut Ujong. *Jurnal Litbang Kota Pekalongan*, 17, 6-15. <https://doi.org/10.54911/litbang.v17i0.102>
- Labina, H. F., & Purnomo, Y. S. (2022). Penyisihan Bakteri E. coli Menggunakan Radiasi Sinar Ultraviolet dan Semikonduktor TiO₂ pada Air Sumur Desa Kenongo, Sidoarjo. *Enviro: Jurnal Teknik Lingkungan*, 2(2), 1-8. <https://doi.org/10.33005/enviro.v2i2.95>
- Nyangaresi, P. O., Qin, Y., Chen, G., Zhang, B., Lu, Y., & Shen, L. (2019). Comparison of UV-LED Photolytic and UV-LED/TiO₂ Photocatalytic Disinfection for Escherichia coli in Water. *Catalysis Today*, 335, 200-207. <https://doi.org/10.1016/j.cattod.2018.11.015>
- Rahman, D. Y., & Sulistiyowati, R. (2023). Aplikasi Fotokatalis TiO₂ dan Alternatifnya untuk Degradasi Pewarna Sintesis dalam Limbah Cair. *Environmental Science Journal (Esjo): Jurnal Ilmu Lingkungan*, 1(2), 89-105. <https://doi.org/10.31851/esjo.v1i2.12023>
- Ramadhani, S. U., Destiarti, L., & Syahbanu, I. (2017). Degradasi Bahan Organik pada Air Gambut dengan Fotokatalis TiO₂ Lapis Tipis. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 6(1), 50-56.
- Riski, S., & Widiani, M. E. (2020). Pengaruh iklim komunikasi dan promosi jabatan terhadap kinerja dan motivasi dengan disiplin dan kepuasan kerja sebagai variabel intervening. *Studi Ilmu Manajemen Dan Organisasi*, 1(1), 33-55. doi:[10.35912/simo.v1i1.61](https://doi.org/10.35912/simo.v1i1.61)
- Rosariawari, F., Masduki, A., & Hadi, W. (2012). Proses Fotokatalisis untuk Penyisihan E. coli dengan Kombinasi TiO₂, Karbon Aktif dan Sinar UV. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 4(1), 27-35.
- 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 TiO₂-Ag. *Jurnal Riset Multidisiplin*, 1(3), 100-104. <https://doi.org/10.61316/jrma.v1i3.14>
- Su, Q., Zuo, C., Liu, M., & Tai, X. (2023). A Review on Cu₂O-Based Composites in Photocatalysis: Synthesis, Modification, and Applications. *Molecules*, 28(14), 1-25. <https://doi.org/10.3390/molecules28145576>

- Suartama, S. M., & Dewi, C. I. D. L. (2023). Efektivitas atas Tata Kepemerintahan yang Baik dalam Penyelenggaraan Pengadaan Barang dan Jasa Pemerintah Kabupaten Karangasem. *Kajian Ilmiah Hukum dan Kenegaraan*, 1(2), 105-112. doi:[10.35912/kihan.v1i2.1952](https://doi.org/10.35912/kihan.v1i2.1952)
- 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 TiO₂-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>
- Widayanti, G., Widodo, D. S., & Haris, A. (2012). Elektrodekolorisasi Perairan Tercemar Limbah Cair Industri Batik dan Tekstil di Daerah Batang dan Pekalongan. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 15(2), 62-69. <https://doi.org/10.14710/jksa.15.2.62-69>
- Wildan, A., & Mutiara, E. V. (2019). Uji Aktivitas Fotokatalis TiO₂ 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](https://doi.org/10.35912/rambis.v1i2.556)