

PENGOLAHAN AIR GAMBUT MENGGUNAKAN KOMPOSIT TiO_2 -SERAT SABUT KELAPA DENGAN BANTUAN SINAR ULTRAVIOLET

DIDIEK SUGANDI¹, ADHITIYAWARMAN¹, NELLY WAHYUNI²

1. Program studi Magister Ilmu Lingkungan, Pascasarjana, Universitas Tanjungpura, Jl. Prof. Dr. H. Hadari Nawawi, Pontianak, Kalimantan Barat
2. Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura, Jl. Prof. Dr. H. Hadari Nawawi, Pontianak, Kalimantan Barat

Email: nellywahyuni@chemistry.untan.ac.id

ABSTRAK

Air gambut merupakan salah satu sumber air yang dimanfaatkan masyarakat di wilayah Kalimantan Barat, namun memiliki kualitas yang rendah akibat tingginya kandungan warna dan tingkat keasaman (pH rendah). Penelitian ini mengembangkan floating fotokatalis TiO_2 -serat sabut kelapa (TiO_2 -SSK) untuk pengolahan air gambut. Penelitian dilakukan melalui beberapa tahap, yaitu preparasi dan aktivasi serat sabut kelapa menggunakan larutan NaOH, sintesis komposit TiO_2 -SSK, serta karakterisasi menggunakan FT-IR dan XRD untuk mengidentifikasi perubahan struktur dan ikatan kimia. Uji fotokatalisis dilakukan terhadap 500 mL liter sampel air gambut dari Sungai Mintan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposit TiO_2 -SSK memiliki densitas rendah ($0,854 \text{ g/cm}^3$), sehingga mampu mengapung dan menerima penyinaran secara langsung. Karakterisasi FTIR memperlihatkan terbentuknya ikatan antara TiO_2 , serat sabut kelapa. Sedangkan XRD menunjukkan pergeseran puncak 2θ yang mengonfirmasi interaksi TiO_2 dengan matriks serat. Uji fotodegradasi memperlihatkan peningkatan efektivitas yang signifikan. Fotolisis hanya menurunkan warna sebesar 5,01%, TiO_2 murni sebesar 23,14%, sedangkan komposit TiO_2 -SSK mampu menurunkan warna hingga 70,50% dalam waktu 5 jam. Selain itu, pH air gambut meningkat dari 3,94 menjadi 5,42, menunjukkan berkurangnya kandungan asam humat. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi alternatif pengolahan air gambut yang sederhana dan dapat diaplikasikan pada skala rumah tangga.

Kata kunci: floating fotokatalis, TiO_2 , air gambut, komposit.

Peat water is one of the water sources used by communities in West Kalimantan, but it has low quality due to high color content and acidity (low pH). This study developed a floating TiO_2 -coconut coir fiber photocatalyst (TiO_2 -SSK) for peat water treatment. The research was carried out in several stages, namely the preparation and activation of coconut coir fiber using a NaOH solution, synthesis of the TiO_2 -SSK composite, and characterization using FT-IR and XRD to identify changes in structure and chemical bonds. Photocatalysis tests were conducted on 500 mL of peat water samples from the Mintan River. The results showed that the TiO_2 -SSK composite has a low density (0.854 g/cm^3), allowing it to float and receive direct irradiation. FTIR characterization showed the formation of bonds between TiO_2 and coconut coir fiber. Meanwhile, XRD shows a shift in the 2θ peak, confirming the interaction of TiO_2 with the fiber matrix. The photodegradation test showed a significant increase in effectiveness. Photolysis only reduced the color by 5.01%, pure TiO_2 by 23.14%, while the TiO_2 -SSK composite was able to reduce the color up to 70.50% within 5 hours. In addition, the pH of the peat water increased from 3.94 to 5.42, indicating a decrease in humic acid content. This study is expected to provide a simple alternative for treating peat water that can be applied at the household scale.

Keywords: floating photocatalyst, TiO_2 , peat water, composite.

1. PENDAHULUAN

Kualitas air baku untuk air minum dan kebutuhan domestik tidak dapat digunakan secara langsung di beberapa daerah, sehingga diperlukan proses pengolahan terlebih dahulu. Pengolahan air dilakukan agar dapat memenuhi standar kualitas air bersih maupun air minum. Setiap daerah memiliki tingkat kualitas air baku yang berbeda tergantung dari ekosistem yang ada disekitar lingkungan. Namun di beberapa lokasi terdapat lahan gambut sehingga masyarakat cukup kesulitan untuk mendapatkan air bersih yang dapat digunakan dan layak konsumsi (Mardiansyah dkk., 2021).

Kalimantan Barat merupakan daerah yang memiliki lahan gambut dengan cakupan cukup luas. Lahan gambut memiliki kapasitas penyimpanan air yang cukup tinggi (Taufik dkk., 2019). Distribusi air gambut ke Sungai dapat berpengaruh signifikan terhadap parameter kualitas air baku seperti warna, kekeruhan dan pH air yang belum memenuhi standar air minum (Vassiljev dkk., 2018). Kabupaten Sintang hingga saat ini masih menghadapi permasalahan akses terhadap air bersih. Dalam dokumen Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah (RPJMD) Kabupaten Sintang 2016-2021, tercatat bahwa pada tahun 2014 hanya 5,24% dari total rumah tangga yang menggunakan air bersih dari PDAM, Kondisi ini menunjukkan bahwa sebagian besar masyarakat masih bergantung pada sumber air baku seperti sungai, mata air, dan danau. Data yang disajikan oleh Badan Pusat Statistik dalam publikasi Kabupaten Sintang Dalam Angka 2024 menunjukkan bahwa pada tahun 2023 Kecamatan Ketungau Hilir tidak memiliki pelanggan PDAM. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa seluruh desa di wilayah kecamatan, termasuk Desa Beluh Mulyo, belum terlayani oleh infrastruktur penyediaan air bersih berbasis PDAM dan masih mengandalkan sumber air alami seperti air Sungai Mintan yang keruh untuk memenuhi kebutuhan domestik masyarakat. Pada umumnya, tingkat turbidity (kekeruhan) air sungai berbanding lurus dengan tingkat warna air, di mana semakin tinggi turbidity, maka semakin tinggi pula intensitas warna yang teramati. Tingginya nilai warna dan kekeruhan pada air sungai kapuas dikarenakan masih adanya kandungan senyawa humat dan fulvat (Usman dkk., 2024).

Menghadapi permasalahan air gambut di Sungai Mintan Desa Beluh Mulyo Kecamatan Ketungau Hilir, maka dibutuhkan teknologi yang digunakan untuk pengolahan air gambut, salah satunya dengan metode Fotodegradasi. Fotodegradasi merupakan metode efektif dalam menguraikan senyawa asam humat pada air gambut menjadi senyawa H_2O dan CO_2 yang mana senyawa tersebut tidak berbahaya bagi lingkungan sekitar (Wang dkk., 2018). Fotokatalisis adalah mekanisme reaksi kimia yang melibatkan interaksi antara cahaya dan material katalis, dengan cahaya berfungsi sebagai sumber energi untuk mempercepat berlangsungnya reaksi (Adnan dkk., 2021).

Fotokatalis dapat dilakukan dengan menggunakan katalis berupa semikonduktor. Semikonduktor oksida logam yang sering digunakan yaitu TiO_2 karena mempunyai sifat pengoksidasi yang tinggi, stabil secara fisika dan kimia, murah, tidak beracun, mudah didapat dan aktivitasnya tinggi (Tamarani dkk., 2019). Pada beberapa penelitian sebelumnya serbuk TiO_2 digunakan sebagai fotodegradasi senyawa asam humat yang dilakukan dengan menaburkan serbuk TiO_2 secara langsung kedalam asam humat. Namun densitas TiO_2 yang lebih besar dari air menyebabkan TiO_2 tenggelam ke dasar perairan sehingga sinar matahari tidak dapat mencapai ke dasar air.

Upaya untuk meningkatkan efektivitas fotokatalis yaitu dengan mengoptimalkan penyinaran cahaya ultraviolet pada katalis semikonduktor. Pemecahan dari masalah ini telah dilakukan diantaranya mengemban TiO_2 dengan material yang lebih ringan (floating fotokatalis) seperti

diemban dengan substrat polimer (Firmansyah dkk., 2019). Sugandi dkk (2023) melakukan penelitian tentang *floating* fotokatalis dengan mengemban TiO₂ menggunakan serat sabut kelapa, hasil yang diperoleh yaitu TiO₂-serat bambu dapat mendegradasi senyawa surfaktan sebesar 80,43% dalam 120 menit penyinaran. Putri dkk (2023) juga melakukan penelitian dengan mengemban TiO₂ pada serat sabut pinang dengan bantuan perekat polivinil alkohol (PVA), hasil yang diperoleh yaitu *floating* fotokatalis dapat mendegradasi limbah tetrasiklin antibiotik sebesar 28,66% dalam waktu 120 menit penyinaran. Serat sabut kelapa merupakan substrat polimer alam yang berpotensi sebagai material pengemban (*floating material*) dalam sintesis *floating* fotokatalis dikarenakan memiliki massa jenis yang lebih rendah dibandingkan air, melimpah di alam, sustainability dan ramah lingkungan (Muhammad dkk., 2019).

Berdasarkan uraian di atas, maka penelitian ini akan melakukan pengolahan air TiO₂ serat sabut kelapa untuk fotodegradasi air gambut dengan mengoptimalkan bantuan sinar ultraviolet. Penelitian ini akan mengkaji berat jenis, penentuan efisiensi degradasi derajat keasaman menggunakan pH meter dan Penentuan efisiensi degradasi warna air gambut dengan *colorimeter*.

2. METODE

2.1 Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu Air gambut yang diambil dari Sungai Mintan di Desa Beluh Mulyo Kecamatan Ketungau Hilir Kabupaten Sintang, Akuades (H₂O), natrium hidroksida (NaOH), polivinil alkohol (PVA), serat sabut kelapa dan titanium dioksida (TiO₂). Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah batang pengaduk, botol semprot, bulb, centrifuge, gelas ukur, hot plate SCILOGEX, stirrer, Lampu Ultraviolet, neraca analitik BEL, magnetic stirrer, oven, pipet ukur, sieve shaker, spatula, colorimeter portable DR900 dan pH meter HANNA HI 83141-1.

2.2 Preparasi Sampel

Sampel serat sabut kelapa dicuci menggunakan air keran kemudian dicuci menggunakan akuades. Setelah itu dikeringkan hingga berat konstan pada 105°C selama 24 jam dalam oven untuk meminimalisir kandungan air dan komponen yang mudah menguap (Abel dkk., 2020). Setelah kering, serat sabut kelapa dipotong hingga ukuran kecil kemudian diayak menggunakan shiver shaker dengan ukuran 3mm dan 1mm. Sampel yang tertinggal pada saringan 1mm diambil untuk perlakuan lanjutan.

2.3 Aktivasi Serat Sabut Kelapa

Serat kelapa kemudian dilakukan perlakuan alkali (NaOH) dengan merendam sampel ke dalam larutan NaOH 15%. Setelah itu, serat sabut kelapa dicuci menggunakan akuades dan dikeringkan pada suhu 60°C selama 5 jam. Aktivasi serat bertujuan untuk menghilangkan kotoran dan lapisan lilin pada permukaan serat (Karmuliani dan Mahyudin, 2020).

2.4 Sintesis TiO₂-Serat Sabut Kelapa

Sebanyak 20 gram senyawa binder PVA dilarutkan ke dalam 250 mL akuades kemudian ditambahkan dengan 5 g serat sabut kelapa. Larutan ditambahkan padatan TiO₂ dengan massa 5 gram. Campuran diaduk cepat dengan suhu ruang selama 30 menit lalu disaring. Residu yang dihasilkan kemudian dikeringkan menggunakan oven pada suhu 60°C selama 5 jam (Sboui dkk., 2016).

2.5 Uji Densitas TiO₂-Serat Sabut Kelapa

Pengukuran densitas material pada TiO₂, serat sabut kelapa dan TiO₂-serat sabut kelapa dilakukan menggunakan metode Archimides pada persamaan berikut :

$$\rho_f = \frac{(W_3 - W_1)\rho_l}{((W_2 - W_1) - (W_4 - W_3))} \dots\dots\dots (1)$$

Dengan W₁ adalah berat piknometer kosong, W₂ adalah berat piknometer yang berisi akuades, W₃ adalah berat piknometer berisi material, W₄ adalah berat berat piknometer yang berisi material di dalam akuades dan ρ_l adalah densitas akuades (Hasyim dkk., 2018).

2.6 Uji Degradasi Warna Air Gambut

Uji degradasi warna *floating* fotokatalis TiO₂-serat sabut kelapa dilakukan dengan memasukkan sampel air sebanyak 500 mL Selanjutnya ditambahkan 1 gram TiO₂-serat sabut kelapa. Perlakuan ini dilakukan dengan menggunakan 12 sampel (12 kali pengulangan). Setelah itu, suspensi diiradiasi di bawah sinar ultraviolet dengan rentang waktu 0, 60, 120 dan 180, 240 dan 300 menit. Langkah selanjutnya yaitu 20 mL suspensi diambil dan dipisahkan menggunakan kertas saring dan centrifuge (Sugandi dkk., 2023). Setelah itu, larutan dianalisa nilai warnanya dengan colorimeter portable DR900 dan analisa pH dengan pH meter HANNA HI83141-1.

2.7 Karakterisasi

TiO₂ dan komposit TiO₂-serat sabut kelapa teraktivasi yang sudah disintesis akan dilakukan karakterisasi menggunakan FT-IR dan jenis kristal menggunakan XRD.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa warna air gambut pada Sungai Mintan di Desa Beluh Mulyo berada di angka sekitar 554-556 Pt.Co dan memiliki pH 3,94-3,96. Kualitas warna dan Ph pada air Sungai Mintan ini belum memenuhi baku mutu kualitas air untuk hiegene dan sanitasi pada PERMENKES Nomor 2 Tahun 2023 dengan batas ambang maksimum warna yaitu 10 Pt.Co dan pH 6,5-8,5. *Floating* fotokatalis TiO₂-serat sabut kelapa merupakan material katalis ringan yang dirancang dapat mengapung di permukaan air, sehingga mampu mengoptimalkan penyerapan energi cahaya untuk mendegradasi senyawa penyebab warna serta menurunkan tingkat keasaman pada air gambut. TiO₂-serat sabut kelapa yang mengapung dibuktikan dengan hasil pengujian densitas (**Tabel 1**) yang menunjukkan bahwa TiO₂ memiliki densitas tertinggi yaitu 3.676 g/cm³, sesuai sifat TiO₂ sebagai material anorganik yang padat. Sementara itu, serat sabut kelapa memiliki densitas jauh lebih rendah yaitu 0.842 g/cm³. Densitas yang rendah ini terjadi karena serat memiliki struktur berpori dan ringan. Selain itu, proses aktivasi dan pencucian sebelumnya membuka pori-pori serat, membuat volumenya lebih besar dibanding massanya sehingga densitasnya menjadi kecil (Ganesan & Nallathambi, 2022). Kondisi ini umum terjadi pada material lignoselulosa yang mengalami perlakuan kimia maupun fisik untuk membuka permukaan penyerapannya. TiO₂-serat sabut kelapa yang memiliki densitas yang lebih rendah dari air dapat membuat TiO₂-serat sabut kelapa mengapung sehingga dapat mengoptimalkan penyerapan cahaya.

Tabel 1. Hasil pengukuran densitas pada air gambut

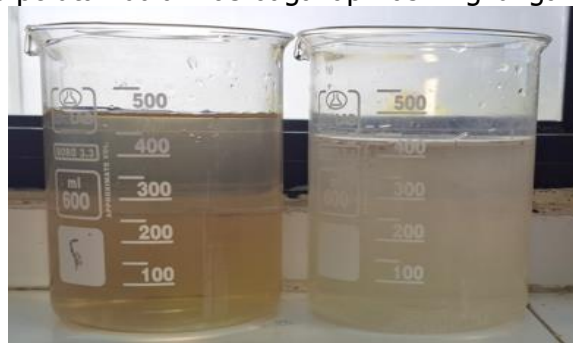
Senyawa	Densitas (g/cm ³)			Rata-rata	Deviasi
	1	2	3		
TiO ₂	3.662	3.689	3.677	3.676	± 0.0135
SSK	0.842	0.831	0.852	0.842	± 0.0105
TiO ₂ /SSK/PVA	0.847	0.845	0.87	0.854	± 0.0139

TiO_2 -serat sabut kelapa yang memiliki densitas rendah di uji degradasi dengan menggunakan air gambut Sungai Mintan dengan kontrol fotolisis dan TiO_2 yang ditenggelamkan ke dasar air gambut. Pada proses pencahayaan selama 5 jam, metode fotolisis hanya mampu menurunkan warna sedikit, yaitu hingga 526 Pt.Co. Penggunaan TiO_2 murni lebih baik dengan nilai 426 Pt.Co. Namun, yang paling efektif adalah penggunaan material TiO_2 -serat sabut kelapa, karena mampu menurunkan warna hingga 164 Pt.Co.

Penurunan warna yang besar ini menunjukkan bahwa bahan material tersebut efektif dalam memperbaiki kualitas air gambut. Temuan ini sejalan dengan penelitian Chen dkk (2021) yang menyatakan bahwa menggabungkan TiO_2 dengan bahan polimer atau bahan alami dapat meningkatkan kemampuan fotokatalisis dalam memecah senyawa organik yang sulit terurai. Namun, hasil penuruna warna yang diperoleh masih belum mencapai baku mutu warna air minum menurut PERMENKES Nomor 2 Tahun 2023 yang menyatakan bahwa batas ambang maksimum warna air untuk layak minum yaitu 10 Pt.Co.

Efektivitas tinggi dari TiO_2 -SSK terjadi karena masing-masing bahan memiliki fungsi yang saling melengkapi. TiO_2 bekerja memecah senyawa organik ketika terkena cahaya, sementara SSK (serat sabut kelapa) membantu menarik dan menahan senyawa berwarna agar lebih mudah diuraikan. PVA berperan menjaga bahan agar tidak menggumpal, sehingga proses fotokatalisis berlangsung lebih stabil. Kombinasi ini membuat proses penurunan warna berjalan lebih cepat dan lebih maksimal. Penelitian (Ganesan & Nallathambi, 2022). juga menunjukkan bahwa material berbasis serat sabut kelapa memiliki kemampuan tinggi dalam menarik polutan organik, sehingga sangat membantu proses pengolahan air.

Penurunan warna pada air gambut (**Gambar 1**) tidak hanya memperbaiki kualitas visual air, tetapi juga membantu mengurangi keberadaan senyawa organik kompleks seperti asam humat dan fulvat. Pemanfaatan teknologi berbasis bahan lokal, seperti sabut kelapa, memungkinkan proses pengolahan air dilakukan secara lebih sederhana, ekonomis, dan ramah lingkungan. Sabut kelapa yang merupakan limbah pertanian melimpah dapat dioptimalkan menjadi material yang bernilai guna. Hal ini sejalan dengan temuan (Widodo & Widodo, 2024). yang menunjukkan bahwa sabut kelapa teralkalisasi memiliki potensi besar sebagai bahan penyerap polutan dalam berbagai aplikasi lingkungan.



Gambar 1. Warna air gambut sebelum dan sesudah pengolahan

Penurunan warna pada air gambut (**Gambar 1**) tidak hanya memperbaiki kualitas visual air, tetapi juga membantu mengurangi keberadaan senyawa organik kompleks seperti asam humat dan fulvat. Pemanfaatan teknologi berbasis bahan lokal, seperti sabut kelapa, memungkinkan proses pengolahan air dilakukan secara lebih sederhana, ekonomis, dan ramah lingkungan. Sabut kelapa yang merupakan limbah pertanian melimpah dapat

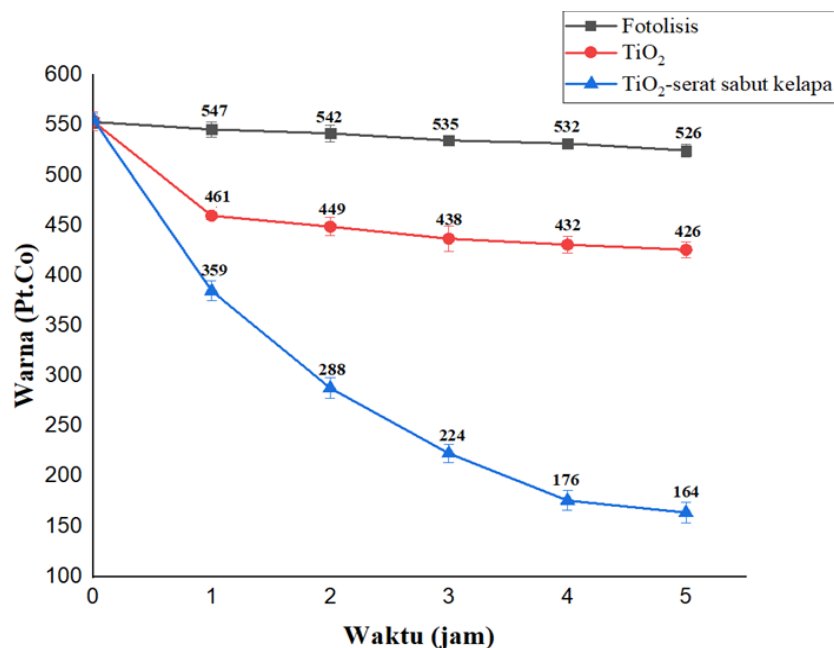
dioptimalkan menjadi material yang bernilai guna. Hal ini sejalan dengan temuan (Widodo & Widodo, 2024). yang menunjukkan bahwa sabut kelapa teralkalisasi memiliki potensi besar sebagai bahan penyerap polutan dalam berbagai aplikasi lingkungan.

Pada proses penyinaran, Fotokatalis TiO_2 -serat sabut kelapa dibandingkan dengan dua kondisi kontrol, yaitu fotokatalis TiO_2 tanpa pengemban yang dibiarkan berada di dasar air, serta proses fotolisis tanpa katalis. Perbandingan ini dilakukan untuk melihat perbedaan kemampuan sistem dalam menurunkan warna air gambut. Hasil pada **Tabel 2** menunjukkan adanya variasi aktivitas penurunan warna.

Tabel 2. Hasil analisa warna pada air gambut

Waktu (jam)	Warna (Pt.Co)		
	Fotolisis	TiO_2	TiO_2 -SSK
0	554 ± 6,185	554 ± 9,417	556 ± 6,164
1	547 ± 7,496	461 ± 4,023	359 ± 10,005
2	542 ± 8,456	449 ± 9,038	288 ± 10,075
3	535 ± 4,242	438 ± 12,437	224 ± 9,192
4	532 ± 4,380	432 ± 8,047	176 ± 9,801
5	526 ± 6,534	426 ± 7,714	164 ± 10,346

Pada proses fotolisis penurunan warna (**Gambar 2**) pada air gambut hanya sebesar 5,01%, TiO_2 yang berada di dasar air hanya mampu menurunkan warna sebesar 23,14%, sedangkan TiO_2 yang diembankan pada serat sabut kelapa mampu menurunkan warna hingga 70,50% setelah 5 jam penyinaran. Perbedaan kinerja ini terjadi karena jumlah cahaya yang diterima kedua sistem berbeda. TiO_2 yang tenggelam di dasar air memperoleh intensitas cahaya jauh lebih rendah dibandingkan TiO_2 yang berada pada serat sabut kelapa. Intensitas cahaya memang menurun apabila melewati lapisan air yang lebih dalam (Qurban dkk., 2017).



Gambar 2. Kurva perbandingan *floating* fotokatalis terhadap kontrol

Berdasarkan **Tabel 2**, pH air gambut yang awalnya bersifat sangat asam (3,94-3,96) perlahan meningkat selama proses penyinaran. Semakin lama air disinari, semakin tinggi nilai pH-nya. Pada perlakuan dengan fotokatalis TiO₂-SSK, kenaikan pH paling terlihat, yaitu dari 3,94 menjadi 5,42 setelah 5 jam. Kenaikan ini terjadi karena sinar membantu fotokatalis memecah zat-zat organik yang menyebabkan air gambut sangat asam, seperti asam humat. Saat zat asam ini berkurang, air menjadi sedikit lebih netral. Beladona dkk (2024) melaporkan bahwa fotokatalisis mampu menguraikan asam humat dalam air gambut sehingga pH air meningkat. Putri dkk (2025), juga menemukan bahwa proses fotokatalisis TiO₂ bisa menaikkan pH air gambut dari sekitar pH 3 menjadi pH 5 setelah beberapa jam penyinaran. Hal ini menunjukkan bahwa teknologi berbasis cahaya ini memang efektif membantu memperbaiki kualitas air gambut.

Nilai pH air pada penelitian ini belum mencapai standar air minum (sekitar 6,5-8,5), namun peningkatan yang terjadi sudah menjadi langkah penting untuk membuat air gambut lebih aman digunakan masyarakat. Air yang terlalu asam dapat menyebabkan iritasi kulit dan mempercepat korosi pada pipa rumah tangga. Hal ini sejalan dengan pernyataan Kasanudin dkk (2025) yang menjelaskan bahwa proses fotokatalis dapat membantu meningkatkan pH dan menurunkan tingkat keasaman air gambut sehingga kualitas air menjadi lebih baik untuk keperluan sehari-hari. Oleh karena itu, peningkatan pH seperti ini sangat bermanfaat, terutama bagi masyarakat di daerah gambut di Sumatra dan Kalimantan yang masih mengandalkan air gambut sebagai sumber air utama.

Tabel 2. Nilai pH air gambut terhadap waktu penyinaran

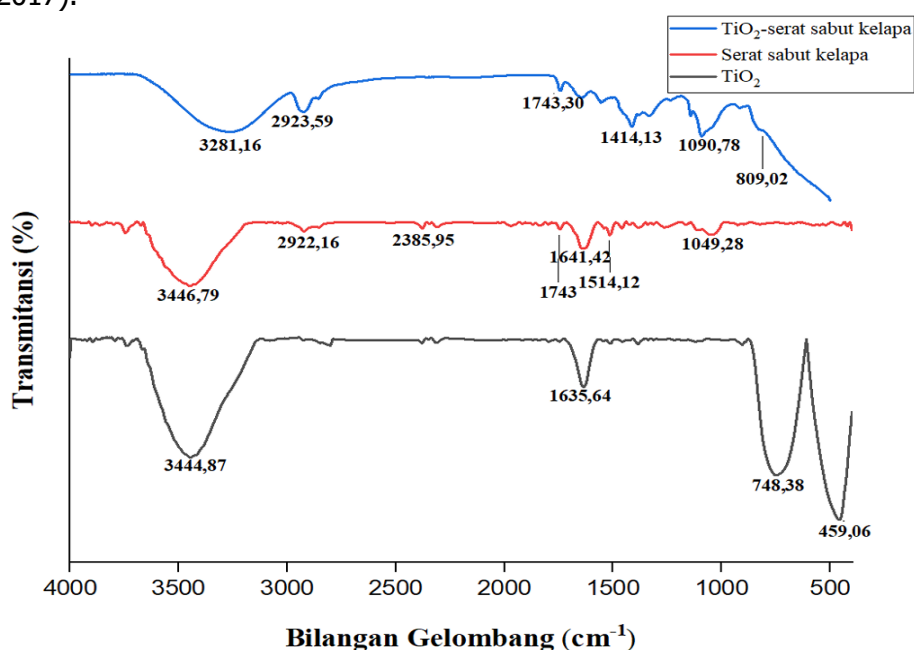
Waktu (jam)	pH		
	Fotolisis	TiO ₂	TiO ₂ -SSK
0	3.96 ± 0,007	3.96 ± 0,005	3.94 ± 0,003
1	4.05 ± 0,017	4.25 ± 0,027	4.53 ± 0,012
2	4.08 ± 0,008	4.32 ± 0,018	4.79 ± 0,046
3	4.10 ± 0,005	4.39 ± 0,034	5.01 ± 0,084
4	4.12 ± 0,008	4.45 ± 0,029	5.22 ± 0,056
5	4.14 ± 0,023	4.51 ± 0,031	5.42 ± 0,063

Selain itu, fotokatalis yang menggunakan pengemban serat sabut kelapa juga sangat bermanfaat karena sabut kelapa adalah limbah yang banyak tersedia di desa-desa. Dengan memanfaatkannya, masyarakat tidak hanya memperbaiki kualitas air, tetapi juga mengurangi limbah. Penelitian lain dari Sugandi dkk (2024) menunjukkan bahwa fotokatalis berbahan serat alami seperti ini memang dapat mempercepat proses penurunan kualitas air gambut. Hal ini sejalan dengan upaya pemanfaatan bahan lokal yang murah namun tetap efektif.

Hasil FT-IR TiO₂ Merck, serat sabut kelapa, dan material TiO₂-serat sabut kelapa yang sudah disintesis (**Gambar 3**). Pada TiO₂, muncul puncak serapan pada 748,38 cm⁻¹ dan 459,06 cm⁻¹ yang menunjukkan adanya vibrasi ikatan Ti-O-Ti atau Ti-O, sesuai dengan rentang khas 850-400 cm⁻¹. Menurut Yang dkk (2014), puncak di bawah 800 cm⁻¹ memang berasal dari getaran regangan ikatan Ti-O-Ti. Selain itu, muncul serapan pada 3444,87 cm⁻¹ dan 1635,64 cm⁻¹ yang menandakan adanya gugus -OH, yaitu air yang terserap pada permukaan TiO₂. Temuan ini sejalan dengan Bakre dan Tilve (2018) yang melaporkan bahwa serapan kuat di sekitar 3300 cm⁻¹ dan serapan lemah di sekitar 1633 cm⁻¹ menunjukkan keberadaan gugus hidroksil dan air teradsorpsi. Hal yang sama juga disampaikan Dalponte dkk (2019) yang menyatakan bahwa

puncak sekitar 3400 cm^{-1} dan 1650 cm^{-1} menandakan adanya air dan gugus -OH pada permukaan material.

Spektra FT-IR pada serat sabut kelapa memperlihatkan adanya gugus -OH pada bilangan gelombang $3446,79\text{ cm}^{-1}$. Puncak pada $2922,16\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan getaran CH_2 , yang merupakan bagian utama dari selulosa, dan hal ini diperkuat oleh serapan di $2385,95\text{ cm}^{-1}$. Ikatan -O- yang menjadi penghubung dalam struktur selulosa terlihat pada bilangan gelombang $1384,89\text{ cm}^{-1}$ (Monariqsa dkk., 2012). Gugus khas penyusun selulosa seperti -OH, - CH_2 , dan O- memang muncul berulang pada bahan berserat alami (Dewi dkk., 2017). Serapan pada $1641,42\text{ cm}^{-1}$ dan $1514,12\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya ikatan $\text{C}=\text{C}$ yang menjadi ciri senyawa lignin, sedangkan puncak $1743,65\text{ cm}^{-1}$ menandakan adanya gugus asetil atau ester yang berasal dari hemiselulosa (Ahmad dkk., 2016). Rentang $1509\text{-}1609\text{ cm}^{-1}$ umumnya mengindikasikan lignin, sementara $1700\text{-}1740\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan keberadaan hemiselulosa (Dewi dkk., 2017).

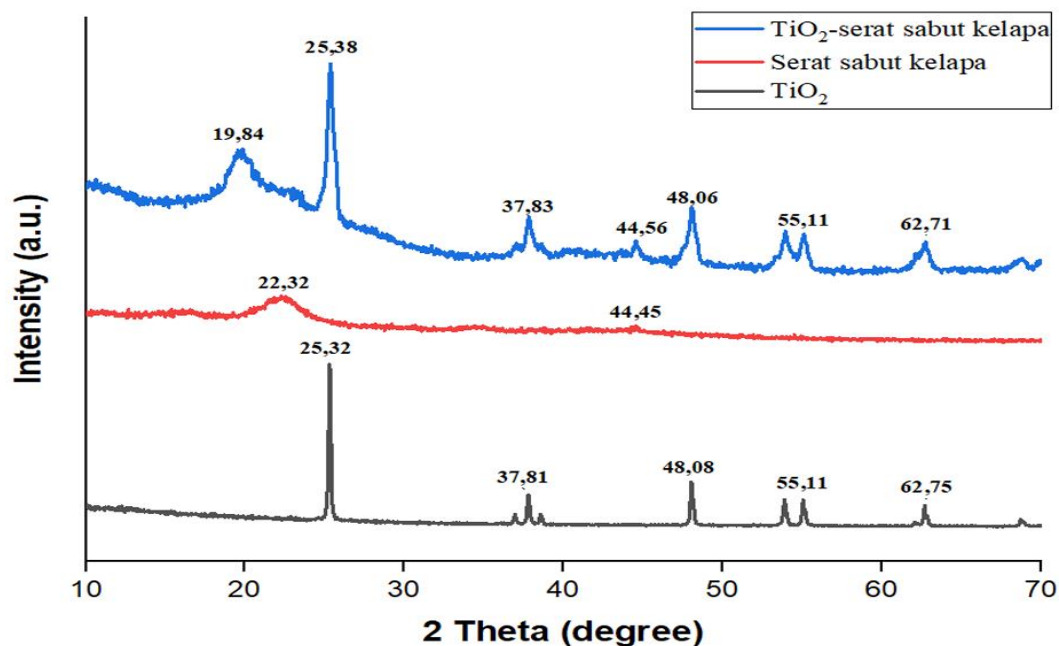


Gambar 3. Spektra IR TiO₂ Merck, serat sabut kelapa dan TiO₂-serat sabut kelapa

Pada komposit TiO₂-serat sabut kelapa, serapan pada $1090,78\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya ikatan C-O sebagai salah satu gugus fungsi selulosa dan gugus fungsi alkohol pada PVA. Temuan ini sesuai dengan Darojati dkk (2022), yang melaporkan bahwa serapan rentang $1000\text{-}1100\text{ cm}^{-1}$ berasal dari gugus C-O, $\text{C}=\text{C}$, dan C-C. Puncak pada $3281,16\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya gugus -OH atau air yang terserap pada material. Serapan di $2923,59$; $1743,30$ dan $1414,13\text{ cm}^{-1}$. Menurut Ahmad dkk (2016), serat sabut kelapa umumnya menunjukkan puncak FT-IR pada daerah $3300\text{-}3400\text{ cm}^{-1}$ yang berasal dari getaran ulur gugus -OH. Mereka juga melaporkan bahwa puncak di sekitar 2915 cm^{-1} merupakan karakteristik getaran C-H dari gugus CH_2 pada struktur selulosa. Selain itu, serapan pada sekitar 1735 cm^{-1} menandakan adanya gugus karbonil ($\text{C}=\text{O}$) dari hemiselulosa, sedangkan puncak antara $1410\text{-}1600\text{ cm}^{-1}$ menggambarkan keberadaan cincin aromatis pada lignin. Pergeseran dan melemahnya intensitas puncak Ti-O atau Ti-O-Ti menjadi $809,02$ setelah dikombinasikan dengan serat sabut kelapa menunjukkan bahwa TiO₂ berhasil terikat pada permukaan serat.

Hasil karakterisasi XRD (**Gambar 4**) menghasilkan pola spektrum 2θ yang menunjukkan sifat khas dari suatu material kristal (Bunaciu dkk., 2015). Dalam penelitian ini, XRD

digunakan untuk memastikan jenis dan karakter kristal pada TiO_2 , serat sabut kelapa, serta material TiO_2 -serat sabut kelapa. Berdasarkan difraktogram XRD pada Gambar 4.10, TiO_2 menunjukkan beberapa puncak khas pada $2\theta = 25,22^\circ$, $37,82^\circ$, $48,08^\circ$, $55,11^\circ$, dan $62,76^\circ$. Puncak-puncak tersebut memiliki jarak antar kisi masing-masing 0,353 nm, 0,238 nm, 0,189 nm, 0,166 nm, dan 0,148 nm, yang merupakan ciri fase anatase dari TiO_2 . Dari hasil analisis, jarak antar kisi rata-rata TiO_2 adalah 30,631 nm, sedangkan ukuran kristalitnya sekitar 0,1813 nm. Pola ini sesuai dengan penelitian Pratama dkk (2021), yang juga menemukan puncak anatase pada $2\theta = 25,1^\circ$, $37,6^\circ$, $47,9^\circ$, dan $54,9^\circ$ dengan jarak antar kisi serupa, yaitu 0,35 nm, 0,23 nm, 0,18 nm, dan 0,16 nm. Hal ini menunjukkan bahwa TiO_2 yang digunakan dalam penelitian ini berada dalam fase anatase dan memiliki struktur kristal yang sesuai dengan data referensi.



Gambar 4. Difraktogram TiO_2 , serat sabut kelapa dan TiO_2 -serat sabut kelapa

Pada difraktogram serat sabut kelapa terlihat puncak pada sudut $2\theta = 15,08^\circ$, $22,28^\circ$, dan $34,76^\circ$. Puncak-puncak ini menunjukkan keberadaan senyawa lignoselulosa pada serat sabut kelapa. Hasil tersebut sejalan dengan temuan Saputri dan Sukmawan (2020) yang melaporkan bahwa puncak pada $2\theta = 14,5^\circ$ dan $22,2^\circ$ merupakan ciri khas selulosa. Kanani dkk (2019) juga menjelaskan bahwa puncak tajam pada rentang 22 - 23° menandakan adanya struktur kristalin dari selulosa. Dengan demikian, pola XRD yang diperoleh mengonfirmasi bahwa serat sabut kelapa mengandung komponen selulosa yang bersifat semi-kristalin.

Puncak 2θ TiO_2 mengalami sedikit pergeseran setelah TiO_2 ditempelkan pada serat sabut kelapa dan PVA. Puncak anatase yang awalnya berada pada $25,217^\circ$, $48,083^\circ$, dan $62,756^\circ$ berubah menjadi $25,745^\circ$, $48,067^\circ$, dan $62,714^\circ$. Pergeseran kecil ini menunjukkan bahwa TiO_2 telah berinteraksi dan menempel pada serat, karena perubahan sudut difraksi biasanya terjadi ketika struktur kristal TiO_2 mengalami tegangan atau ikatan baru dengan material lain. Hal ini sesuai dengan laporan Sugandi dkk (2024) yang menyatakan bahwa pergeseran 2θ adalah tanda bahwa TiO_2 sudah terikat pada bahan berbasis biomassa seperti serat sabut kelapa. Penjelasan ini juga didukung oleh Plermjai dkk (2019), yang menemukan bahwa puncak anatase di sekitar 25° dapat bergeser jika TiO_2 berikatan dengan bahan organik.

seperti selulosa. Jabeen (2023) juga melaporkan hal yang sama, yaitu bahwa penempelan TiO_2 pada serat selulosa menyebabkan pergeseran puncak XRD karena adanya ikatan pada permukaan serat.

3. KESIMPULAN

Komposit TiO_2 -serat sabut kelapa (TiO_2 -SSK) menunjukkan kinerja yang signifikan dalam pengolahan air gambut melalui proses fotokatalisis berbantuan sinar ultraviolet. Secara kuantitatif, penggunaan komposit ini mampu menurunkan intensitas warna air gambut dari 556 Pt.Co menjadi 164 Pt.Co, dengan efisiensi degradasi mencapai 70,50%, yang jauh lebih tinggi dibandingkan proses fotolisis (5,01%) maupun TiO_2 tanpa penyangga (23,14%). Selain itu, terjadi peningkatan pH dari kondisi awal yang sangat asam, yaitu 3,94 menjadi 5,42 setelah 5 jam penyinaran, yang menunjukkan terjadinya degradasi senyawa organik asam seperti asam humat. Hasil karakterisasi menggunakan FT-IR menunjukkan adanya gugus fungsi khas -OH, C-H, C=O, dan C-O, yang mengindikasikan keberadaan komponen lignoselulosa serta interaksi antara TiO_2 , serat sabut kelapa, dan matriks PVA. Selain itu, teramati pergeseran pita Ti-O/Ti-O-Ti menjadi sekitar $809,02\text{ cm}^{-1}$, yang menunjukkan keberhasilan pengikatan TiO_2 pada permukaan serat. Karakterisasi menggunakan XRD memperlihatkan bahwa setelah dikompositkan, terjadi pergeseran puncak menjadi $25,745^\circ$; $48,067^\circ$; dan $62,714^\circ$, yang mengindikasikan adanya interaksi struktural antara TiO_2 dan serat sabut kelapa.

DAFTAR PUSTAKA

- Abel, U.A., Habor, G.R., & Oseribho, O. I. (2020). Adsorption studies of oil spill clean-up using coconut coir activated carbon (CCAC). *Journal of Applied Chemistry*. 13 (3), 42-56.
- Adnan, F., Hidayat, R.K., & Meicahayanti, I. (2021). Pengaruh pH, UV dan TiO_2 untuk mendegradasi variasi asam humat berbasis fotokatalis. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 5 (2), 9-16.
- Ahmad, Z., Rozaizan, N. N., Rahman, R., Mohamad, A. F., & Ismail. W. I. N. W. (2016). Isolation and characteriation of microcrystalline cellulose (MCC) from rice husk (RH). *MATEC Web of Conference*. 47, 1-6.
- Bakre, P. V., & Tilve, S. G. (2018). Direct access to highly crystalline mesoporous TiO_2 using sterically bulky organic acid templates. *Journal of Physics and Chemistry of Solid*. 116, 234-240.
- Bunaciu, A. A., Udristoiu., & Aboul-Enein, H. Y. (2015). X-ray diffraction: instrumentation and application. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*. 45(4), 289-299.
- Beladona, S. U. M., Putra, R., Alfanaar, R., Sylvani, M. M., Alyatikah, E., Safitri, R., Susanti, I., & Iqbal, R. M. (2022). A review: development of photocatalyst materials and its performance for humic acid removal in peatwater. *Journal of Peat Science and Innovation*. 1(1), 1-15.
- Chen, X., Zhang, Y., & Wang, L. (2021). Enhanced photocatalytic degradation of organic pollutants using polymer-modified TiO_2 composites. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. 9(4), 105-118.
- Darojati, H. A., Ganesha, S. D., & Ariyanti. (2022). Pengaruh variasi dosis iridiasi gamma pada pemisahan komponen penyusun biomassa lignoselulosa sabut kelapa. *Jurnal Selulosa*. 12(1), 23-32.

- Dalponete, I., de Sousa, B. C., Mathias, A. L., & Jorge, R. M. M. (2019). Formulation and optimization of a novel TiO₂/Calcium alginate floating photocatalyst. *International Journal of Biological Macromolecules*. 137, 992-1001.
- Dewi, A. M. P., Kusumaningrum, M. Y., Edowai, D. N., Pranoto, Y., & Darmadji, P. (2017). Ekstraksi dan karakterisasi selulosa dari limbah ampas sagu. *Prosiding SNST 8. Fakultas Teknik Univesitas Wahid Hasyim. Semarang*.
- Firmansyah, W.B., Rokhmat, M., & Wibowo, E. (2019). pelapisan titanium dioksida pada plastik mika sebagai fotokatalis untuk mendegradasi metilen biru. *E Proceeding of Engineering*. 6 (1), 1157-1164.
- Ganesan, M., & Nallathambi, G. (2021). Alkali-treated coir fibre-pith composite for waste water treatment. *Journal of Industrial Textiles*. 51(1), 749S-768S.
- Hasyim, U. H., Yansah, N. A., & Nuris, M. F. (2018). Modifikasi sifat kimia serbuk tempurung kelapa (STK) sebagai matriks komposit serat alam dengan perbandingan alkalisasi NaOH dan KOH. *Prosing Seminar Nasional Sains dan Teknologi. Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah, Jakarta*.
- Jabeen, H., Muhammad, N., Siddiqui, U., Sabir, M., Ahmad, N., & Liaqat, S. (2023). Effect of TiO₂ decorated cellulosic materials addition on mechanical and biological properties of dental adhesive composites. *Cellulose Chemistry and Technology*. 57(5-6), 541-549.
- Kanani, N., Saputro, A.B.A., Puspawati, I., & Pratama, A.A. 2019. Preparasi selulosa dari limbah tongkol jagung dengan bantuan gelombang iradiasi ultrasonik. *Inudtrial Research Workshop and National Seminar*, 20-27.
- Karmuliani, H., & Mahyudin, A. 2020. Karakterisasi sifat mekanik film PVA berserat selulosa kulit buah pinang (*Areca catechu* L) yang mengalami perlakuan NaOH. *Jurnal Fisika Unand*. 9 (4), 495-501.
- Kasanudin, A., Yuliawati, E., & Fernianti, D. (2025). Aplikasi fenton - fotokatalisis TiO₂ pada pengolahan air gambut. *Jurnal Teknologi Riset Terapan*. 2(2), 103-113.
- Mardiansyah, D., Fathoni, A., & Febriani, Y. (2021). PKM revitalisasi sistem penyediaan air rawa menjadi air bersih layak konsumsi di Desa Langkitin dengan menggunakan teknologi tepat guna. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*. 2(1),14-19.
- Monariqsa, D., Oktora, N., Azora, A., Haloho, D. A. N., Simanjuntak, L., Musri, A., Saputra, A., & Lesbani, A. (2012). Ekstraksi selulosa dari kayu gelam (*Melaleuca Leucadendron* Linn) dan kayu serbuk induksi mebel. *Jurnal Penelitian Sains*. 15(3), 96-101.
- Muhammad, Ishak, Azhari, Nurfarida., & Darmadi. (2019). Penyerapan zat warna basic red 18 dan direct black 38 dengan menggunakan serat pinang sebagai adsorben. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*. 14 (1), 72-80.
- Plermjai, K., Boonyarattanakalin, K., Mekprasart, W., Phooinkong, W., Pavasupree, S., & Pecharapa, W. 2019. Optical absorption and FTIR study of cellulose/TiO₂ hybrid composites. *Chiang Mai Journal of Science*. 46(3), 618-625
- Pratama, A., Destiarti, L., & Adhitiyawarman. 2021. Sintesis titanium oksida/reduced graphene (TiO₂/rGO) untuk fotokatalisis bahan pewarna metilen biru. *POSITRON*. 11(1), 31-37.
- Putri, L. I., Agustawan, D., Sugandi, D., Afrida, K., Mardhatilla., & Wahyuni, N. (2023). Degradation of tetracycline by floating photocatalyst TiO₂/Ni-coconut fiber. *Jurnal Kimia Riset*, 175-185.
- Putri, A., Yuliawati, E., & Mardwita, M. (2025). Degradasi warna dan pH pada air gambut menggunakan metode fotokatalisis TiO₂ dengan variasi ultraviolet. *Jurnal Teknologi Riset Terapan*. 2(2), 87-101
- Qurban, M. A., Wafar, M., Jyothibabu., & Manikadan, K. P. (2017). Patterns of primary production in the Red Sea. *Journal of Marine System*. 169, 87-98.

- Saputri, L. H., & Sukmawan, R. (2020). Pengaruh proses blending dan ultrasonik terhadap struktur morfologi ekstrak serat limbah batang kelapa sawit untuk bahan baku bioplastik (Selulosa Asetat). *Rekayasa*. 13(1), 15-21.
- Sboui, M., Nsib, M.F., Rayes, A., Ochiai, T., & Houas, A. (2016). Application of solar light for photocatalytic degradation of congo red by a floating salicylic acid-modified TiO_2 palm trunk photocatalyst. *Comptes Rendus Chimie*. 20 (2), 181-189.
- Sboui, M., Nsib, M.F., Rayes, A., Swaminathan, M., & Houas, A. (2017). TiO_2 -PANI/cork composite; a new floating photocatalyst for the treatment of organic pollutants under sunlight irradiation. *Journal of Environmental Science*. 60:3-13.
- Sugandi, D., Agustiawan, D., Wijayanto, E., Vebriyanti, L. M. L., Panaya, G. Y. L., & Wahyuni, N. 2023. Sunlight assisted degradation of linear alkylbenzene sulfonate by floating catalyst TiO_2 -coconut fiber. *POSITRON*. 13(1), 69-76.
- Sugandi, D., Agustiawan, D., Wijayanto, E., Marpaung, M. O. P., Ayyash, M. Y., & Wahyuni, N. (2024). Degradation of Humic Acid by Floating Photocatalyst TiO_2/Cu -Areca Fiber. *Jurnal Kimia Riset*. 9(1):10-19.
- Surati, S. (2021). Study on Socio-Economic of Peatland Community in Tanjung Jabung Timur Regency, Jambi. *Jurnal Ilmu Kehutanan*. 15(2),147-159.
- Syahrul, G., Kadaria, U., & Nugrahaeni, P. W. (2025). Pengolahan air gambut dengan menggunakan pengolahan lengkap di sungai putat Kota Pontianak. *Jurnal Teknologi Lahan Basah*. 13(1), 150-158.
- Tamarani, A., Zainul, R., & Dewata, I. 2019. Preparation and characterization of XRD nano Cu-TiO_2 using sol-gel method. *Journal of Physic: Conference Series*. 1185 (1), 1-6.
- Taufik, M., Veldhuizen, A.A., Wosten, J.H.M., & Van Lanen, H.A.J. (2019). Exploration of the importance of physical properties of Indonesian peatlands to assess critical groundwater table depths, associated drought and fire hazard. *Geoderma*. 347, 160-169.
- Usman, T., Wahyuni, N., Ramadani, M. I., Nainggolan, D. D. J., & Astar, I. (2024). Adsorpsi warna air pdam secara kontinu menggunakan metakaolin. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. 22(6), 1554-1561.
- Vassiljev, A., Annus, I., Kandler, N., & Kaur, K. (2018). Modelling of the effect of drained peat solid to water quality using MACRO dan SOLIN Models. *Procedings*. doi:10.3390/proceedings2110619.
- Wang, X., Han, S., Zhang, Q., Zhang, N., & Zhao, D. (2018). Photocatalytic oxidation degradation mechanism study of methylene blue dye waste water with GR/TiO_2 . *Matec Web of Conferences*. 238, P.03006.
- Widiastuti, T., & Latifah, S. (2017). Pemberdayaan petani lahan gambut melalui proses penjernihan air gambut. *Jurnal Pengabdian dan Pemberdayaan Masyarakat*. 1(2), 155-159.
- Widodo, E. dan Widodo, T. D. 2024. Comprehensive investigation of raw and NaOH alkalized sansevieria fiber for enhancing composite reinforcement. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*. 9:100546
- Yang, J., Wang, X., Dai, J., & Li, J. (2014). Efficient visible-light-driven photocatalytic degradation with Bi_2O_3 coupling silica doped. *Industrial Engineering Chemistry Research*. 53(32), 12575-12586.
- Yuliati, Santosa, H., & Mulyana, I.J. (2019). Coconut shell breaker machine. *AIP: Conference Proceedings*.
- Zilla, R., Purnamasari, D., & Zainul, R. (2020). Design of rotary photoreactor using nano Cu/TiO_2 for degradation humic acid in outdoor visible light. *Journal of Physics Conference Series*. 1481(1), 1-7.