

# Adsorpsi Warna Air PDAM secara Kontinu Menggunakan Metakaolin

Thamrin Usman<sup>1\*</sup>, Nelly Wahyuni<sup>1</sup>, M. Ilham Ramadani<sup>1</sup>, Devina Dwi Julianty Nainggolan<sup>1</sup>, dan Ismail Astar<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Tanjungpura, Indonesia; e-mail: [Thamrin\\_usman@untan.ac.id](mailto:Thamrin_usman@untan.ac.id)

<sup>2</sup>Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Sains dan Teknologi, Universitas Panca Bhakti, Indonesia

## ABSTRAK

Pasokan air gambut ke Sungai Kapuas dan Sungai Landak dapat berimplikasi signifikan terhadap kualitas air baku seperti kekeruhan, warna dan pH air yang tidak memenuhi standar. PDAM Khatulistiwa Pontianak memanfaatkan air Sungai Kapuas dan Sungai Landak sebagai air baku sehingga menyebabkan kualitas air yang dihasilkan seperti nilai warna sebesar 315-790 TCU, kekeruhan 34-86 NTU dan pH 6,09 -6,45 tidak memenuhi standar PERMENKES No.492/MENKES/X/2010. Penelitian ini bertujuan untuk menurunkan nilai kekeruhan, warna dan pH dari air baku PDAM Pontianak menggunakan metakaolin. Metakaolin tersusun oleh silika sebesar 56,405% dan alumina sebesar 31,569%. Hasil analisis GSA menunjukkan bahwa metakaolin memiliki luas permukaan sebesar 22,38 m<sup>2</sup>/g; total volume pori sebesar 0,079 cm<sup>3</sup>/g dan ukuran rata-rata pori sebesar 7,12 nm, dan ketika telah jenuh digunakan luas permukaan kaolin akan berubah menjadi 34,56 m<sup>2</sup>/g; total volume pori sebesar 0,090 cm<sup>3</sup>/g dan ukuran rata-rata pori sebesar 5,24 nm. Metakaolin dapat menghilangkan warna air gambut dengan penggunaan metakaolin sebesar 0,090g dan hasil warna air 1 TCU, turbidity 0,6 NTU dan pH 4-5, serta penggunaan metakaolin pada sistem kontinu dengan debit air 1 liter/90 detik dengan waktu kontak 1 menit efektif digunakan hingga 24 jam dalam meningkatkan kualitas air PDAM hingga memenuhi baku mutu.

**Kata kunci:** Adsorpsi, air gambut, air PDAM, metakaolin, warna

## ABSTRACT

The supply of peat water to the Kapuas and Landak Rivers can have significant implications on the quality of raw water, such as turbidity, color, and pH of water that does not meet standards. PDAM Khatulistiwa Pontianak uses the water of the Kapuas River and the Landak River as raw water, causing the quality of the water produced such as color values of 315-790 TCU, turbidity of 34-86 NTU and pH of 6.09-6.45 do not meet the standards of the Minister of Health No.492/MENKES/X/2010. This study aimed to reduce the turbidity, color, and pH of PDAM Pontianak raw water using methacrylin. Metakaolin is composed of silica at 56.405% and alumina at 31.569%. The results of GSA analysis showed that methaolin had a surface area of 22.38 m<sup>2</sup>/g; The total pore volume is 0.079 cm<sup>3</sup>/g and the average pore size is 7.12 nm, and the surface area of kaolin will change to 34.56 m<sup>2</sup>/g; The total pore volume was 0.090 cm<sup>3</sup>/g and the average pore size was 5.24 nm. Metakaolin can remove the color of peat water with the use of 0.090 g metakaolin and the result of water color of 1 TCU, turbidity of 0.6 NTU and pH 4-5, as well as the use of metakaolin in a continuous system with a water discharge of 1 liter/90 seconds with a contact time of 1 min is effective for up to 24 h to improve the water quality of PDAM until it meets the quality standards.

**Keywords:** Adsorption, peat water, PDAM water, metakaolin, color

**Citation:** Usman, T., Wahyuni, N., Ramadani, M. I., Nainggolan, D. D. J., dan Astar, I. (2024). Adsorpsi Warna Air PDAM secara Kontinu Menggunakan Metakaolin. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 22(6), 1554-1561, doi:10.14710/jil.22.6.1554-1561

## 1. PENDAHULUAN

Sungai Kapuas dan Sungai Landak merupakan dua sumber air baku yang vital bagi Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) di beberapa wilayah di Kalimantan Barat, termasuk Kota Pontianak dan Kubu Raya. Kedua sungai ini memainkan peran penting dalam menyediakan air bersih bagi penduduk

setempat. Pasokan air gambut ke Sungai Kapuas dan Sungai Landak dapat berimplikasi signifikan terhadap kualitas air baku seperti kekeruhan, warna dan pH air yang tidak memenuhi standar (Vassiljev et al., 2018). Tingginya nilai turbiditas dan warna yang disebabkan oleh kandungan senyawa humik dan fulvik. Turbiditas yang tinggi dalam air baku tidak hanya

mempengaruhi estetika dan kualitas sensoris air, tetapi juga dapat menghambat proses desinfeksi dan meningkatkan biaya operasional dalam pengolahan air karena memerlukan dosis koagulan yang lebih tinggi dan proses filtrasi yang lebih intensif. Oleh karena itu, penurunan nilai turbiditas menjadi salah satu prioritas utama dalam pengolahan air baku dari Sungai Kapuas dan Sungai Landak untuk memastikan penyediaan air bersih yang efisien dan ekonomis (Amri & Nurhayati, 2017; Kurniawati, 2018; Purnaini et al., 2017). Salah satu cara untuk mengurangi kandungan zat warna dalam air baku PDAM adalah dengan menggunakan teknologi adsorpsi, salah satunya dengan memanfaatkan material metakaolin sebagai adsorben.

Metakaolin memiliki sifat fisikokimia yang memungkinkannya berfungsi sebagai adsorben yang efektif dalam mengurangi nilai turbiditas dan warna air gambut. Sifat-sifat tersebut meliputi luas permukaan yang besar dan porositas yang tinggi, yang memungkinkan metakaolin menyerap senyawa organik penyebab turbiditas dan warna (Elfrida, 2017; Purnaini et al., 2017). Penggunaan metakaolin sebagai adsorben dalam pengolahan air gambut menjadi penting karena beberapa alasan. Pertama, metakaolin dapat dihasilkan dari bahan baku lokal, yaitu kaolin, yang tersedia melimpah di beberapa wilayah di Indonesia. Kedua, proses produksi metakaolin relatif sederhana dan ramah lingkungan. Ketiga, penggunaan metakaolin dapat mengurangi ketergantungan pada koagulan kimia yang mahal dan berpotensi menimbulkan produk samping yang berbahaya (Agusti et al., 2015; Melele et al., 2022; Suherman & Sumawijaya, 2013).

Beberapa peneliti telah melakukan penurunan warna dari air gambut dengan memanfaatkan material sintesis lain. Geopolimer berbasis kaolin efektif menghilangkan warna dan kandungan organik dari air gambut, dengan perlakuan optimal 1g adsorben dan 30 menit untuk penghilangan warna dan 98,77% untuk penghilangan organik (Utama et al., 2020). Selain itu, geopolimer berbasis metakaolin secara efektif menghilangkan biru metilen dari larutan berair, dengan dekolorisasi maksimum pada nilai pH tinggi dan adsorpsi endotermik spontan (Alouani et al., 2019). Kuranga et al. (2018) melaporkan bahwa metakaolin dapat digunakan sebagai koagulan dalam proses pengolahan air dan mampu menghilangkan kekeruhan dan warna dari sumber air. Ambiya et al. (2022) melakukan sintesis komposit kitosan magnetik-metakaolin dan diaplikasikan untuk menghilangkan bahan organik dan kontaminan dari sumber air yang berkontribusi terhadap kekeruhan dan warna dalam air gambut, sehingga meningkatkan kualitas air secara keseluruhan.

Berdasarkan hasil pengamatan di PDAM Tirta Khatulistiwa Pontianak yang menggunakan sumber bahan baku air sungai Kapuas dan sungai Landak mendapatkan hasil kualitas warna sebesar 315-790 TCU, kekeruhan 34-86 NTU dan pH 6,04 yang belum

memenuhi standard baku mutu. Oleh karena itu dilakukan penelitian awal penghilangan warna pada air PDAM menggunakan material metakaolin sebagai koagulan dan adsorben yang menghasilkan kualitas warna sebesar 0 TCU, kekeruhan 0,26 dan pH 5,0. Hasil penelitian pendahuluan ini memenuhi standar PERMENKES No.492/MENKES/X/2010 dengan warna standar warna 15 TCU, kekeruhan 5 NTU dan pH 6,5-8,5. Sehingga, dalam penelitian ini akan dikaji lebih lanjut mengenai kemampuan metakaolin dalam menurunkan nilai turbiditi, warna dan pH dari air PDAM. Dengan memanfaatkan kemampuan adsorpsi, koagulasi, dan pembentukan komposit metakaolin diharapkan mampu mengembangkan solusi pengolahan air yang efisien dan berkelanjutan untuk mengatasi tantangan kualitas air bersih serta berkontribusi pada pelestarian sumber daya air dan kelestarian lingkungan.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan didalam penelitian ini yaitu botol semprot, bulb, erlenmeyer, flokulator, gelas beaker, gelas ukur, pH meter, pipet ukur, spektrofotometer Uv- Vis Portable, statif beserta klem, turbidimeter.

Bahan yang digunakan didalam penelitian ini yaitu air baku yang diambil dari PDAM Tirta Khatulistiwa Pontianak, akuades ( $H_2O$ ), kaolin, asam klorida (HCl).

### 2.2. Prosedur Kerja

#### 2.2.1. Pembuatan Metakaolin

Proses pembuatan metakaolin merujuk pada paten S00202209866 (Usman et al., 2024). Pertama dicuci kaolin sebanyak 3 kali menggunakan air destilasi, disaring dan dipisahkan kaolin dari filtrat. Kemudian dikeringkan kaolin dalam oven pada suhu 80°C selama 24 jam. Setelah kering lalu kaolin digerus dan diayak dengan ayakan 80 mesh sehingga dihasilkan sebuk kaolin yang seragam dan dilanjutkan dengan proses kalsinasi pada suhu 500°C-900°C selama 1-3 jam, sehingga merubah fasa kaolin menjadi metakaolin. Metakaolin yang diperoleh dianalisis menggunakan X-ray Diffraction (XRD), X-ray Fluorescence (XRF), Differential Thermal Analyzer (DTA), Thermogravimetric Analysis (TGA) dan *gas sorption analyse* (GSA).

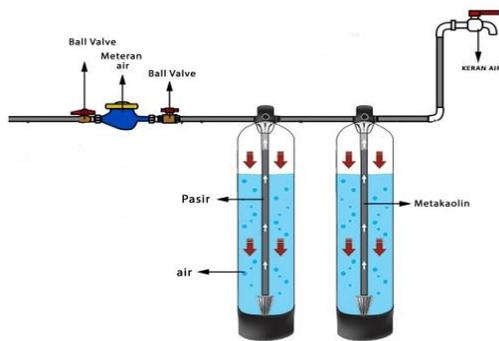
#### 2.2.2. Adsorpsi Air Baku PDAM Menggunakan Metode Jarrest

Pengukuran kapasitas adsorpsi dilakukan dengan mengadopsi metode yang dilakukan oleh Usman et al. (2024). Pertama-tama dimasukkan 1 liter air sungai kedalam tabung jarrest dan ditambahkan tawas 0,032 gram kemudian diaduk pada kecepatan 200 rpm selama 2 menit. Lalu ditambahkan metakaolin dengan variasi 0,005 gram - 1gram lalu diaduk dengan kecepatan 200 rpm selama 2 menit. Setelah 2 menit pengadukan dengan kecepatan 200 rpm, kemudian dilanjutkan dengan pengadukan pada kecepatan 40 rpm selama 20 menit sehingga dihasilkan sedimen.

Sedimen dan filtrat kemudian dipisahkan menggunakan kertas saring. Filtrat yang dihasilkan lalu diukur warna, turbidity, pH.

### 2.2.3. Adsorpsi Air Baku PDAM Secara Kontinu

Air baku PDAM dialirkan kedalam rancangan alat filtrasi yang sudah dimodifikasi dan diisi dengan metakaolin secara kontinu dengan debit air sebesar 1 liter/90 detik yang diatur melalui flow meter. Dosis metakaolin sebesar 90 ppm dengan waktu kontak selama 1 menit. Proses adsorpsi dilakukan selama 24 jam hingga metakaolin mencapai titik kejenuhan dalam mengadsorpsi warna air gambut. Skema rancang bangun filtrasi air disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema Alat Filtrasi Air dengan Sistem Kontinu

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

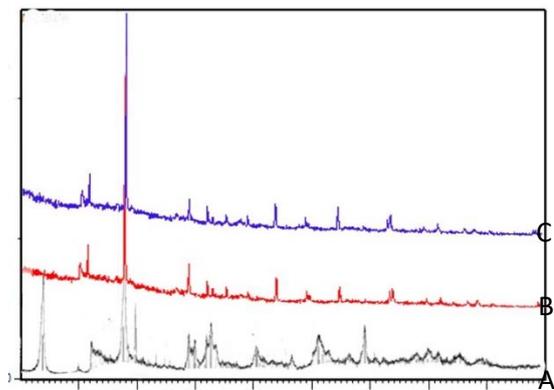
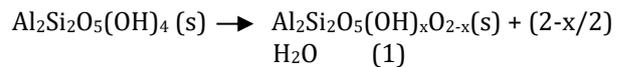
### 3.1. Karakteristik Metakaolin

Preparasi dilakukan dengan beberapa tahap diantaranya preparasi metakaolin, dilanjutkan dengan pembuatan larutan alkali aktivasi dan sintesis katalis geopolimer termodifikasi. Metakaolin yang digunakan dipreparasi dari kaolin dengan cara dicuci dan disaring untuk memisahkan pengotor dari kaolin. Kaolin basah kemudian dikeringkan pada temperatur 80°C selama 24 jam sehingga dihasilkan padatan kaolin. Kaolin yang dihasilkan kemudian digerus dan diayak agar dihasilkan serbuk yang seragam. Serbuk kaolin yang dihasilkan kemudian dikalsinasi sehingga dihasilkan metakaolin. Proses kalsinasi dilakukan untuk mengubah struktur material kaolin (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.2SiO<sub>2</sub>.2H<sub>2</sub>O) menjadi metakaolin (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.2SiO<sub>2</sub>). Proses kalsinasi ini sangat penting untuk meningkatkan kemampuannya menjadi lebih reaktif (Khaled et al., 2023).

Metakaolin yang telah didapatkan dilakukan karakterisasi menggunakan XRD, XRF, GSA untuk mengetahui karakteristik dari metakaolin yang akan digunakan dalam meningkatkan kualitas air di PDAM. Difraktogram kaolin, metakaolin awal dan jenuh dapat dilihat pada Gambar 2.

Pada Gambar 2 dapat dilihat kaolin memiliki puncak-puncak yang berasal dari mineral kaolinit (K), kuarsa (Q), titanium oksida (T), dan sodium oksida (S). Puncak-puncak kaolinit yang diperoleh ada sekitar 12,36 ; 20,88 ; 24,94 ; dan 38,44. Proses pada kalsinasi menyebabkan perubahan kaolin menjadi

metakaolin yang menyebabkan hilangnya atau berkurangnya intensitas puncak kaolin. Pada difraktogram kaolin setelah kalsinasi menunjukkan hilangnya puncak-puncak khas dari kaolinit pada 2θ: 12,36o ; 20,88o ; 24,94o ; dan 38,44o. Puncak dari mineral kuarsa yang diperoleh pada metakaolin yaitu 26,66 o, titanium oksida diperoleh pada puncak 20, 81o, sodium oksida yaitu 50,11o, dan intensitas tertinggi ditunjukkan oleh fasa SiO<sub>2</sub> yang bersifat kuarsa berada pada sudut 2θ 20-26o. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Ilić et al. (2010) dan Kenne Diffo et al. (2015) yang menunjukkan perubahan struktur kaolinit menjadi metakaolin dengan berkurangnya intensitas puncak kaolin dan hilangnya puncak khas kaolin pada 2θ: 12,36o ; 20,88o ; 24,94o ; dan 38,44o. Untuk intensitas kaolinit yang berkurang pada metakaolin menunjukkan bahwa proses perubahan kaolin menjadi metakaolin berhasil untuk menurunkan kristalinitas kaolinit. Pada saat kalsinasi terjadi dehidroksilasi (penghilangan gugus OH pada kaolin) dan terjadi pembentukan metakaolin dengan fasa amorf mengikuti reaksi pada persamaan 1 (Izadifar et al., 2020):



Gambar 2. Difraktogram (A) Kaolin, (B) Metakaolin Awal (C) Metakaolin Jenuh

Hasil analisis XRF menunjukkan bahwa hampir keseluruhan kandungan dari kaolin, metakaolin awal dan metakaolin jenuh adalah SiO<sub>2</sub> dan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Komposisi kandungan alumina pada kaolin mengalami penurunan ketika diubah menjadi metakaolin. hal ini dikarenakan pada saat pembentukan metakaolin dari kaolin melibatkan proses penghilangan air kristal dari kaolin, yang kemudian menghasilkan berbagai perubahan dalam komposisi mineral dan struktur kristal sehingga kandungan alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) menjadi berkurang dan kandungan silika pada metakaolin meningkat. Hasil analisis XRF dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Komposisi Kimia Material Kaolin, Metakaolin Awal dan Jenuh

Komponen	Kaolin (%)	Metakaolin awal (%)	Metakaolin jenuh (%)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	39,63	31,569	31,161
SiO <sub>2</sub>	46,66	56,405	53,482
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,021	3,04	4,159
K <sub>2</sub> O	0,84	0,787	2,432
Cl	0,001	2,216	0,533
CaO	0,068	2,91	1,02
TiO <sub>2</sub>	0,274	0,053	3,461
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,55	2,53	3,136

Identifikasi porositas kaolin, metakaolin awal dan metakaolin jenuh dilakukan menggunakan metode adsorpsi gas nitrogen. Selain itu untuk mengetahui ukuran pori adsorben hasil analisis adsorpsi gas nitrogen juga memberikan informasi tentang pola adsorpsi-desorpsi, distribusi ukuran pori dan luas permukaan spesifik dari material tersebut. Pori-pori dari kaolin, metakaolin awal dan metakaolin jenuh dianalisis menggunakan metode Brunaur, emmet and teller (BET). Metode ini memungkinkan untuk pengukuran pori dengan metode adsorpsi-desorpsi menggunakan nitrogen. Luas permukaan internal pori-pori dari geopolimer dievaluasi dari teori multilayer BET. Sedangkan distribusi pori dapat diperoleh dengan menggunakan interpretasi Barret-Joyner-Halenda (BJH) berdasarkan kondensasi kapiler. Struktur pori dicirikan oleh luas permukaan internal pori, volume pori dan distribusi ukuran pori (Razak et al., 2020). Hasil dari analisis pengukuran dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2.** Hasil Analisis Data *Gas Sorption Analyzer* pada Geopolimer

Sampel	Luas Permukaan (m <sup>2</sup> /g)	Total Volume Pori (cm <sup>3</sup> /g)	Ukuran rata-rata Pori (nm)
Kaolin	21,25	0,070	6,65
Metakaolin (awal)	22,38	0,079	7,12
Metakaolin (jenuh)	34,56	0,090	5,24

Hasil penelitian pada Tabel 2 menunjukkan luas permukaan, total volume pori dan ukuran rata-rata pori dari kaolin masing-masing sebesar, 21,25 m<sup>2</sup>/g ; 0,070 cm<sup>3</sup>/g dan 6,65 nm. Sedangkan luas permukaan, total volume pori dan ukuran rata-rata pori metakaolin lebih besar dibandingkan dengan kaolin yaitu masing-masing sebesar 22,38 m<sup>2</sup>/g; 0,079 cm<sup>3</sup>/g dan 7,12 nm. Metakaolin yang terbentuk dari dekomposisi kaolin pada suhu tinggi, memiliki ukuran pori yang lebih besar dibandingkan kaolin. Hal ini disebabkan oleh eliminasi molekul air yang terperangkap dalam kisi kristal kaolin selama proses kalsinasi, yang menghasilkan banyak pori dan memperluas permukaan spesifik lempung (Agusti et al., 2015). Ukuran pori yang lebih besar ini memungkinkan metakaolin untuk lebih efektif dalam menyerap zat organik dan partikel dari air gambut, sehingga lebih efisien dalam menghilangkan warna dan turbiditas (Afiaturochmaniah, 2020; Agusti et al.,

2015; Hanani, 2019). Selain itu, ukuran rata-rata pori dari metakaolin yang dihasilkan sejalan dengan hasil dari beberapa peneliti yaitu berkisar antara 5,5-12,3 nm (Frias & Cabrera, 2000; Salahudeen, 2018; Vollet et al., 1994). Penurunan konsentrasi warna dan zat organik pada air gambut terjadi karena partikel asam humat dan asam fulvat pada air gambut terserap ke dalam pori-pori adsorben. Proses ini mengisi pori-pori metakaolin dengan partikel-partikel organik, yang pada akhirnya mengurangi ukuran rata-rata pori (Afiaturochmaniah, 2020). Hal ini ditunjukkan ketika metakaolin telah digunakan sebagai adsorben hingga jenuh ukuran rata-rata pori pada metakaolin mengalami penurunan menjadi 5,24 nm.

### 3.2. Penentuan Konsentrasi Metakaolin Menggunakan Metode Jarrest

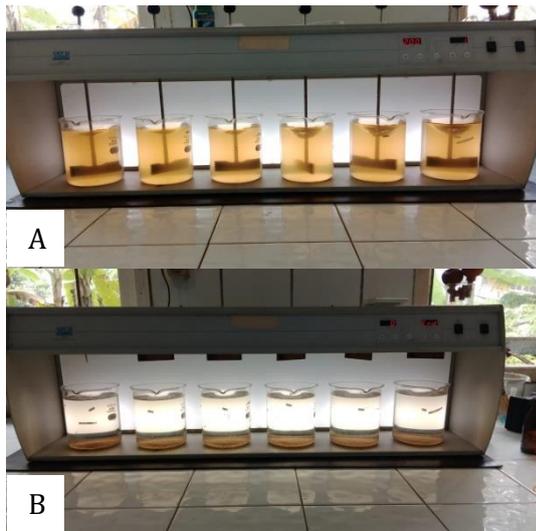
Proses penentuan efektifitas adsorpsi warna air gambut menggunakan metakaolin dilakukan dengan menggunakan metode jarrest dengan variasi massa metakaolin yang digunakan. Proses jarrest menggunakan air baku PDAM sebanyak 1liter dan ditambahkan dengan 0,05g/mL tawas. Kemudian dilakukan pengadukan dengan kecepatan 200 rpm selama 2 menit. Setelah dilakukan pengadukan cepat ditambahkan serbuk metakaolin dengan penggunaan metakaolin pada variasi 0,075 g; 0,080g; 0,085g; 0,090g; 0,095g dan 0,10 gram, dan dilakukan pengadukan pada kecepatan 20 rpm selama 20 menit.

Konsentrasi yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada penelitian yang menggunakan koagulan seperti poli aluminium klorida (PAC) dan aluminium sulfat yaitu sebesar 0,40gram tawas per liter air gambut (Suherman & Sumawijaya, 2013). Penelitian lain menunjukkan bahwa untuk mengolah 1000 ml air gambut, diperlukan penambahan 0,10gram kaporit, 0,05gram kapur tohor, dan 0,40gram tawas. Proses ini dapat menghilangkan warna hingga 93,3% dan menurunkan kekeruhan hingga 91,9% (A'idah et al., 2018; Kiswanto et al., 2019). Penelitian yang menggunakan tanah lempung sebagai koagulan menunjukkan bahwa penambahan 0,40gram hingga 0,50gram tanah lempung pada pH 11 dapat menghasilkan koagulasi yang sempurna dan menurunkan kekeruhan air gambut secara signifikan (Hamid et al., 2023; Suherman & Sumawijaya, 2013).

Proses pengadukan lambat dilakukan untuk menurunkan zat-zat pengotor dalam air baku seperti asam humat dan asam fulfat yang banyak terdapat dalam air gambut. Proses jarrest ada pada Gambar 3.

Hasil percobaan jarrest disajikan pada Tabel 3. Berdasarkan dari hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan penggunaan metakaolin sebanyak 0,090gram memberikan penurunan warna dan turbidity yang paling baik terkait erat dengan karakteristik pori-pori pada metakaolin tersebut. Pori-pori dalam metakaolin memiliki peran penting dalam menentukan efisiensi proses penurunan warna. Ketika metakaolin digunakan dalam konsentrasi 0,090 gram, ini menciptakan kondisi di

mana pori-pori pada metakaolin dapat berfungsi secara optimal.



Gambar 3. Proses Jarrest (A) Air Sebelum Jarrest; (B) Air Setelah Jarrest

Penggunaan metakaolin pada konsentrasi ini mencapai keseimbangan yang optimal antara jumlah metakaolin yang tersedia dan jumlah zat berwarna yang perlu diadsorpsi. Pori-pori dalam metakaolin yang berukuran sesuai dengan molekul-molekul zat warna dalam air gambut memungkinkan penangkapan yang efisien. Pada saat yang sama, konsentrasi ini juga mencukupi untuk memberikan efek penurunan turbidity yang stabil pada berbagai kondisi warna air baku intake.

Sebaliknya, konsentrasi metakaolin sebesar 0,075gram, 0,080gram, 0,085gram, dan 0,1gram mungkin memiliki jumlah metakaolin yang terlalu sedikit atau terlalu banyak, sehingga tidak mencapai

keseimbangan yang sama. Akibatnya, mereka mungkin tidak mampu memanfaatkan potensi penuh metakaolin dalam menurunkan warna air gambut dan mempertahankan stabilitasnya dalam berbagai kondisi.

### 3.3. Adsorpsi Air PDAM dengan Metakaolin Menggunakan Sistem Kontinu

Proses adsorpsi air PDAM dilakukan di PDAM Tirta Khatulistiwa cabang selat panjang, Kota Pontianak, dengan menggunakan air sedimentasi. Proses adsorpsi dilakukan menggunakan sistem kontinu dengan debit air sedimen sebesar 1 liter/90 detik dan dosis metakaolin sebesar 90 ppm dengan waktu kontak selama 1 menit. Proses adsorpsi menggunakan sistem ini dilakukan hingga metakaolin mencapai titik kejenuhan dalam mengadsorpsi warna air gambut. Rangkaian alat proses adsorpsi dapat dilihat pada Gambar 4.

Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan didapatkan bahwa penggunaan metakaolin dalam mengadsorpsi warna air gambut dan menurunkan turbidity serta menaikkan nilai pH dengan sistem kontinu dapat efektif digunakan hingga 24 jam. Hasil percobaan adsorpsi dengan sistem kontinu dapat dilihat pada Gambar 5.

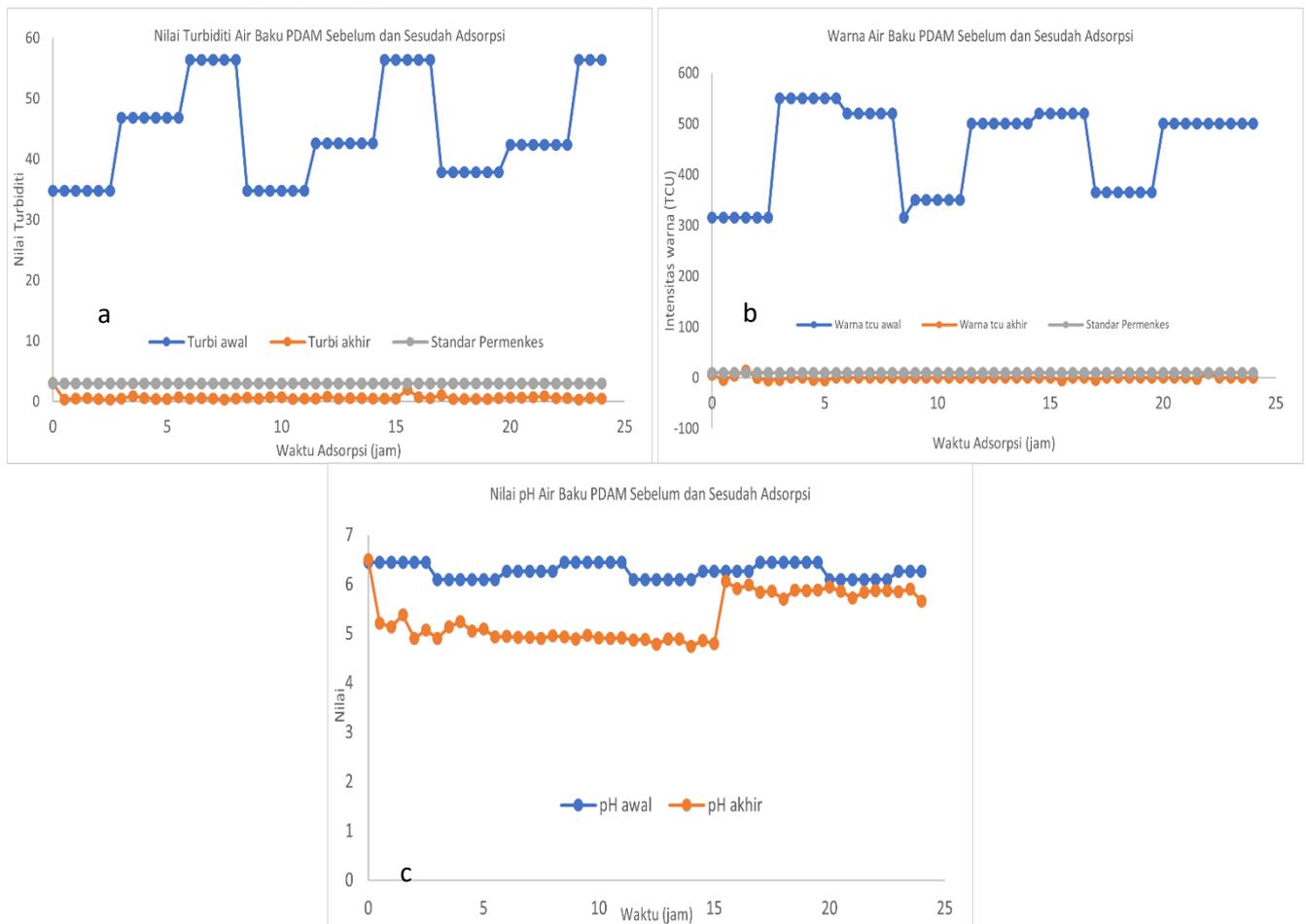


Gambar 4. Rangkaian Alat Sistem Kontinu

Tabel 3. Hasil Pengujian Jarrest Mir Maku PDAM Menggunakan Metakaolin

Waktu Kontak (Menit)	Kondisi Air Awal (Air Intake)			Tawas (g/mL)	Mipachem-2	Hasil Perlakuan		
	Warna	Turbiditi	pH			Warna	Turbiditi	pH
1	315	34,8	6,45	0,050	0,075	8	1,56	5,14
2	315	34,8	6,45	0,050	0,080	2	0,65	5,05
3	315	34,8	6,45	0,050	0,085	2	0,61	5,50
4	315	34,8	6,45	0,050	0,090	1	0,60	5,14
5	315	34,8	6,45	0,050	0,095	0	0,61	5,32
6	315	34,8	6,45	0,050	0,1	0	0,26	5,00
7	550	46,8	6,09	0,050	0,075	5	0,72	4,99
8	550	46,8	6,09	0,050	0,080	6	0,65	4,94
9	550	46,8	6,09	0,050	0,085	3	0,40	4,97
10	550	46,8	6,09	0,050	0,090	0	0,39	5,02
11	550	46,8	6,09	0,050	0,095	3	0,50	5,01
12	550	46,8	6,09	0,050	0,1	1	0,27	5,04
13	790	86,4	6,26	0,050	0,075	0	0,35	5,22
14	790	86,4	6,26	0,050	0,08	-2	0,81	4,97
15	790	86,4	6,26	0,050	0,085	1	0,88	4,87
16	790	86,4	6,26	0,050	0,090	1	0,44	4,81
17	790	86,4	6,26	0,050	0,095	3	0,52	4,77
18	790	86,4	6,26	0,050	0,1	1	0,88	4,87

Catatan: Hasil kondisi air akhir yang memenuhi baku mutu



**Gambar 5.** Grafik Adsorpsi Air Baku PDAM Menggunakan Metakaolin Secara Kontinu Sebelum dan Sesudah Adsorpsi untuk Parameter Keekeruhan (a), Warna (b) dan pH (c)

Hasil pengukuran nilai turbiditi, warna dan pH dari intake PDAM menunjukkan penurunan nilai yang signifikan. Nilai warna, turbiditi dan pH dari air baku PDAM mengalami fluktuasi. Warna air baku PDAM berada pada rentang 315-550 TCU, sedangkan nilai turbiditi berkisar antara 34,8-56,4 NTU. Setelah dilakukan adsorpsi menggunakan metakaolin secara kontinu selama 24 jam, terjadi penurunan warna dan turbiditi air baku PDAM secara signifikan. Penurunan intensitas warna dari air baku PDAM setelah diadsorpsi yang semula berkisar 315-550 TCU menjadi 0-9 TCU. Turbiditi air baku PDAM juga mengalami penurunan yang signifikan dari 34,8-56,4 menjadi 0,3-3,02 NTU. Hasil ini sejalan dengan penelitian dari Mahmud et al. (2012) yang menggunakan formulasi Karbon Aktif Bentonit Limestone (KBL) yang terdiri dari karbon aktif cangkang buah karet, bentonit, dan limestone untuk menurunkan kadar logam Mn dan warna air gambut. Hasil penelitian menunjukkan massa optimum 0,75 g formulasi KBL memiliki efektivitas penyerapan 62,69% untuk warna air gambut. Penelitian dari Muhdarina et al. (2019) melaporkan bahwa adsorben LCA1(80-2) dari lempung cengar mencapai efisiensi penghilangan warna sebesar 96,57% dan efisiensi penghilangan kekeruhan sebesar 98,03% pada pengolahan air gambut pasca koagulasi. Selain itu,

Syafalni et al. (2013) melakukan adsorpsi air gambut menggunakan kombinasi zeolit yang dimodifikasi menggunakan surfaktan kationik, karbon aktif granular, dan batu kapur secara efektif menghilangkan warna, COD, kekeruhan, dan ion besi dari air gambut. Penggunaan material berpori sangat potensial untuk menurunkan warna dan nilai turbiditi dari air dengan nilai turbiditi dan warna yang tinggi.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengamatan dalam penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa metakaolin tersusun oleh senyawa silika sebesar 56,405% dan alumina sebesar 31,569%. Hasil analisis GSA menunjukkan bahwa metakaolin memiliki luas permukaan sebesar 22,38 m<sup>2</sup>/g; total volume pori sebesar 0,079 cm<sup>3</sup>/g dan ukuran rata-rata pori sebesar 7,12 nm, dan ketikah telah jenuh digunakan luas permukaan kaolin akan berubah menjadi 34,56 m<sup>2</sup>/g; total volume pori sebesar 0,090 cm<sup>3</sup>/g dan ukuran rata-rata pori sebesar 5,24 nm. Metakaolin dapat menghilangkan warna air gambut dengan penggunaan metakaolin sebesar 0,090g dan hasil warna air 1 TCU, turbidity 0,6 dan pH 4-5. serta penggunaan metakaolin pada sistem kontinu dengan debit air 1 liter/90 detik dengan waktu kontak 1 menit

efektif digunakan hingga 24 jam dalam meningkatkan kualitas air PDAM hingga memenuhi baku mutu

## DAFTAR PUSTAKA

- Afiaturrochmaniah. (2020). *Adsorpsi Air Sadah Menggunakan Media Geopolimer Berbasis Kaolin* [Thesis]. Universitas Islam negeri Walisongo.
- Agusti, I. D., Saputra, E., & Darmayanti, L. (2015). Pemanfaatan Geopolimer dari Kaolin sebagai Adsorben untuk Mengolah Air Gambut. *Jom FTEKNIK*, 2(1), 1–6.
- A'idah, E., Destiarti, L., & Idiawati, N. (2018). Penentuan Karakteristik Air Gambut di Kota Pontianak dan Kabupaten Kuburaya. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 7(3), 91–96.
- Amri, F., & Nurhayati. (2017). Kajian Penyediaan Air Bersih untuk Masyarakattepi Sungai Kapuas di Kota Pontianak. *Jurnal Teknik Sipil*, 2(17), 1–14.
- Alouani, M. El, Alehyen, S., Achouri, M. El, & Taibi, M. (2019). Preparation, Characterization, and Application of Metakaolin-Based Geopolymer for Removal of Methylene Blue from Aqueous Solution. *Journal of Chemistry*, 2019, 1–14. <https://doi.org/10.1155/2019/4212901>
- Elfrida, D. (2017). Penurunan Salinitas Air Payau Menggunakan Filter Media Zeolit Teraktivasi dan Arang Aktif [Thesis]. Institut teknologi Sepuluh Nopember.
- Frias, M., & Cabrera, J. (2000). Pore size distribution and degree of hydration of metakaolin+cement pastes. *Cement and Concrete Research*, 30, 561–569.
- Hamid, A., Nofrifaldi, & Patitis, N. E. (2023). Analisis Warna, Bau, pH, Kekeruhan dan TDS Air Gambut Desa Rimbo Panjang. *Jurnal Sains Dan Ilmu Terapan*, 6(1), 1–5.
- Hanani, M. (2019). Aktivasi Fisika, Kimia dan Kimia Fisika Pada Kaolin sebagai Adsorben Logam Pb pada Limbah Laboratorium Kimia UIN Maulana Malik Ibrahim Malang. Universitas Islam Maulana Malik Ibrahim.
- Ilić, B. R., Mitrović, A. A., & Miličić, L. R. (2010). Thermal treatment of kaolin clay to obtain metakaolin. *Hemijaska Industrija*, 64(4), 351–356. <https://doi.org/10.2298/HEMIND100322014I>
- Izadifar, M., Thissen, P., Steudel, A., Kleeberg, R., Kaufhold, S., Kaltenbach, J., Schuhmann, R., Dehn, F., & Emmerich, K. (2020). Comprehensive Examination of Dehydroxylation of Kaolinite, Disordered Kaolinite, and Dickite: Experimental Studies and Density Functional Theory. *Clays and Clay Minerals*, 68(4), 319–333. <https://doi.org/10.1007/s42860-020-00082-w>
- Kenne Difo, B. B., Elimbi, A., Cyr, M., Dika Manga, J., & Tchakoute Kouamo, H. (2015). Effect of the rate of calcination of kaolin on the properties of metakaolin-based geopolymers. *Journal of Asian Ceramic Societies*, 3(1), 130–138. <https://doi.org/10.1016/J.JASCER.2014.12.003>
- Khaled, Z., Mohsen, A., Soltan, A. M., & Kohail, M. (2023). Optimization of kaolin into Metakaolin: Calcination Conditions, mix design and curing temperature to develop alkali activated binder. *Ain Shams Engineering Journal*, 14(6), 102142. <https://doi.org/10.1016/J.ASEJ.2023.102142>
- Kiswanto, Wintah, Rahayu, N. L., & Sulistiyowati, E. (2019). Pengolahan Air Gambut Menjadi Air Bersih Secara Kontinyu di Desa Peunaga Cut Ujong. *Jurnal Litbang Kota Pekalongan*, 17(1), 6–15.
- Kuranga, I. A., Alafara, A. B., Halimah, F. B., Fausat, A. M., Mercy, O. B., & Tripathy, B. C. (2018). Production and characterization of water treatment coagulant from locally sourced kaolin clays. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, 22(1), 103–109. <https://doi.org/10.4314/jasem.v22i1.19>
- Kurniawati, D. (2018). *Upaya PDAM dalam Rangka Pemenuhan Kebutuhan Suplay Air Bersih Kepada Pelanggan Dalam Perspektif Hukum Perlindungan Konsumen di Kota Pontianak*.
- Mahmud, Notodarmojo, S., Padmi, T., & Soewondo, P. (2012). Dsorpsi Bahan Organik Alami (BOA) AIR Gambut pada Tanah Lempung Gambut Alami dan Teraktivasi: Studi Keseimbangan Isoterm dan Kinetika Adsorpsi. *INFO TEKNIK*, 13(1), 28–38.
- Melele, S. J. K., Tchakouté, H. K., Banenzoué, C., Hseumou, E. L., Nansu-Njiki, C. P., & Rüscher, C. H. (2022). Pore Analysis and the Behaviour of the Unreacted Metakaolin Particles in the Networks of Geopolymer Cements Using Metakaolins from Kaolinitic and Halloysitic Clays. *Silicon*, 14(5), 2235–2247. <https://doi.org/10.1007/s12633-021-01021-7>
- Muhdarina, M., Nopiyan, S., Bahri, S., Linggawati, A., & Yanti, P. H. (2019). Development of coagulant synthesis byproducts from cengar clay as adsorbent in post-coagulation peat water treatment. *MATEC Web of Conference ICAnCEE 2018*, 1–8. <https://doi.org/10.1051/mateconf/20192760>
- Purnaini, R., Sudarmadji, & Purwono, S. (2017). Kualitas Air Sungai Kapuas Kecil Bagian Hilir pada Kondisi Pasang dan Surut. *Seminar Nasional Penerapan Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi*, 1–9.
- Razak, S., Zainal, F. F., & Shamsudin, S. R. (2020). Effect of Porosity and Water Absorption on Compressive Strength of Fly Ash based Geopolymer and OPC Paste. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 957(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/957/1/012035>
- Salahudeen, N. (2018). Metakaolinization Effect on the Thermal and Physiochemical Propperties of Kankara Kaolin. *KMUTNB International Journal of Applied Science and Technology*. <https://doi.org/10.14416/j.jiast.2018.04.003>
- Suherman, D., & Sumawijaya, N. (2013). Menghilangkan Warna dan Zat Organik Air Gambut dengan Metode Koagulasi-Flokulasi Suasana Basa. *Jurnal Riset Geologi Dan Pertambangan*, 23(2), 125. <https://doi.org/10.14203/risetgeotam2013.v23.75>
- Syafalni, S., Abustan, I., Brahmana, A., Zakaria, S. N. F., & Abdullah, R. (2013). Peat Water Treatment Using Combination of Cationic Surfactant Modified Zeolite, Granular Activated Carbon, and Limestone. *Modern Applied Science*, 7(2), 39–49. <https://doi.org/10.5539/mas.v7n2p39>
- Usman, T., Wahyuni, N., & Ramadani, M. I. (2024). *Proses Pembuatan Katalis Geopolimer Termodifikasi Hidrogen Peroksida* (Patent IDS000007612 B).
- Utama, P. S., Olivia, M., Prawiranegara, B. A., Agusti, I. D., Pinem, J. A., Darmayanti, L., & Saputra, E. (2020). Peat water treatment by adsorption using kaolin-based geopolymer. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 845(1), 1–5.

Usman, T., Wahyuni, N., Ramadani, M. I., Nainggolan, D. D. J., dan Astar, I. (2024). Adsorpsi Warna Air PDAM secara Kontinu Menggunakan Metakaolin. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 22(6), 1554-1561, doi:10.14710/jil.22.6.1554-1561

<https://doi.org/10.1088/1757-899X/845/1/012008>

Vassiljev, A., Annus, I., Kändler, N., & Kaur, K. (2018). Modelling of the Effect of Drained Peat Soils to Water Quality Using MACRO and SOILN Models.

*Proceedings*,

1-7.

<https://doi.org/10.3390/proceedings2110619>

Vollet, D. R., Macedo, C. D., & Mascarenhas, Y. P. (1994). Pore structure characterization of kaolin, metakaolin, and their acid-treated products using small-angle X-ray scattering. In *Applied Clay Science* (Vol. 8).