

Pengaruh Jenis Oksidator terhadap Karakteristik Bahan Organik Alami pada Pengolahan Air Sungai

Siti Nur Hidayah, Okik Hendriyanto Cahyonugroho*, Nur Laili Alfiatin Mukharromah

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur, Surabaya

*Koresponden email: okikhc@upnjatim.ac.id

Diterima: 04 Juli 2026

Disetujui: 16 Juli 2026

Abstract

Natural Organic Matter (NOM) is an organic component commonly found in water bodies that can reduce water quality and potentially form harmful disinfection by-products. This study aimed to evaluate the effect of potassium permanganate (KMnO_4) and calcium hypochlorite ($\text{Ca}(\text{OCl})_2$) as oxidants in a pre-oxidation process combined with coagulation-flocculation, sedimentation, and adsorption for the removal of natural organic matter from river water. Pre-oxidation contact times of 15, 30, 60, and 120 minutes were applied, while sedimentation times were varied at 30, 60, 120, and 240 minutes and adsorption contact times at 15, 45, 60, and 90 minutes. Coagulation was carried out using aluminum sulfate at a dose of 25 mg/L, while adsorption was conducted using activated carbon at a dose of 20 mg/L. Treatment performance was evaluated based on Chemical Oxygen Demand (COD) and UV_{254} absorbance. The results showed that the combination of pre-oxidation, coagulation-flocculation, sedimentation, and adsorption reduced COD from 160 mg/L to 40 mg/L using KMnO_4 and $\text{Ca}(\text{OCl})_2$. UV_{254} absorbance also decreased from 0,12633 cm^{-1} to 0,07074 cm^{-1} using KMnO_4 and from 0,12633 cm^{-1} to 0,08563 cm^{-1} using $\text{Ca}(\text{OCl})_2$. The application of KMnO_4 and $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ as pre-oxidation treatments prior to KFS and adsorption enhanced the removal of organic matter.

Keywords: $\text{Ca}(\text{OCl})_2$, KMnO_4 , natural organic matter, preoxidation, river water

Abstrak

Bahan organik alami merupakan komponen organik yang umum terdapat pada perairan dan dapat menurunkan kualitas air serta berpotensi membentuk produk samping desinfeksi yang berbahaya. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh penggunaan kalium permanganat (KMnO_4) dan kalsium hipoklorit $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ sebagai oksidator pada proses preoksidasi yang dikombinasikan dengan koagulasi-flokulasi, sedimentasi, dan adsorpsi untuk menyisihkan bahan organik alami dari air sungai. Variasi waktu kontak preoksidasi yang digunakan yaitu 15, 30, 60, dan 120 menit, waktu sedimentasi divariasikan selama 30, 60, 120, dan 240 menit, dan waktu kontak adsorpsi selama 15, 45, 60, dan 90 menit. Proses koagulasi menggunakan aluminium sulfat 45 mg/L dan adsorpsi menggunakan karbon aktif 20 mg/L. Kinerja pengolahan dievaluasi berdasarkan parameter *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan absorbansi UV_{254} . Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi proses preoksidasi, koagulasi-flokulasi, sedimentasi, dan adsorpsi mampu menurunkan nilai COD dari 160 mg/L menjadi 40 mg/L pada penggunaan KMnO_4 dan $\text{Ca}(\text{OCl})_2$. Nilai UV_{254} juga mengalami penurunan dari 0,12633 cm^{-1} menjadi 0,07074 cm^{-1} pada penggunaan KMnO_4 dan dari 0,12633 cm^{-1} menjadi 0,08563 cm^{-1} pada penggunaan $\text{Ca}(\text{OCl})_2$. Penambahan preoksidasi menggunakan KMnO_4 dan $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ sebelum KFS dan adsorpsi meningkatkan penurunan konsentrasi bahan organik.

Kata Kunci: air sungai, bahan organik alami, $\text{Ca}(\text{OCl})_2$, KMnO_4 , preoksidasi

1. Pendahuluan

Keberadaan bahan organik alami menjadi salah satu tantangan utama dalam pengolahan air baku. Konsentrasi bahan organik tidak hanya menurunkan kualitas air, tetapi juga dapat mengganggu proses pengolahan konvensional. Peningkatan aktivitas antropogenik di daerah aliran sungai turut memperbesar akumulasi bahan organik alami di perairan dan berdampak pada penurunan kualitas air sungai [1]. Bahan organik alami merupakan fraksi organik yang terdapat secara alami di lingkungan perairan dan tersusun atas berbagai senyawa dengan karakteristik kimia yang beragam [2]. Senyawa-senyawa tersebut dihasilkan melalui proses penguraian dan transformasi biomassa yang berasal dari tumbuhan, hewan, maupun mikroorganisme [3]. Peningkatan kandungan bahan organik di perairan dapat menimbulkan eutrofikasi atau peningkatan kadar nutrisi di air sungai yang menyebabkan ledakan populasi tumbuhan air di perairan

sehingga dapat mengganggu kehidupan biota yang terdapat di perairan dan menimbulkan pencemaran lingkungan [4]. Meskipun bahan organik alami tidak beracun, keberadaan bahan organik alami dapat merubah warna, bau, rasa, menjadi carrier polutan, dan dapat menghasilkan produk sampingan desinfeksi (DBPs) yang bersifat karsinogenik apabila bereaksi dengan desinfektan [5]. Oleh karena itu, pengolahan air sungai menjadi langkah penting dalam menurunkan kandungan bahan organik alami sebelum dimanfaatkan sebagai air baku.

Koagulasi-flokulasi menggunakan tawas merupakan salah satu teknologi yang paling umum diterapkan untuk menghilangkan partikel tersuspensi dan bahan organik dari air baku [6]. Meskipun demikian, efektivitas proses koagulasi sangat dipengaruhi oleh karakteristik bahan organik alami, seperti berat molekul, sifat hidrofobik, muatan permukaan, serta faktor operasional meliputi jenis, pH, dosis, dan kondisi pencampuran koagulan [7]. Metode koagulasi konvensional umumnya lebih efektif dalam menyisihkan fraksi bahan organik alami dengan berat molekul tinggi dan bersifat hidrofobik dibandingkan fraksi bahan organik dengan berat molekul rendah dan bersifat hidrofilik [6]. Fraksi bahan organik alami dengan berat molekul rendah dan bersifat hidrofilik cenderung sulit disisihkan karena memiliki kelarutan dan stabilitas yang lebih tinggi di perairan [7]. Sebagian bahan organik masih tersisa pada air hasil pengolahan dan diperlukan pengolahan lanjutan untuk meningkatkan efisiensi penyisihan bahan organik alami. Untuk meningkatkan penyisihan bahan organik, proses adsorpsi menggunakan karbon aktif banyak diterapkan sebagai pengolahan lanjutan karena mampu mengadsorpsi senyawa organik terlarut yang tidak tersisihkan pada koagulasi. Integrasi proses koagulasi dan adsorpsi dapat meningkatkan penyisihan bahan organik dibandingkan penggunaan koagulasi tunggal [8]. Proses koagulasi efektif dalam menyisihkan zat humat, sedangkan proses adsorpsi efektif dalam menyisihkan bahan organik berat molekul rendah [9].

Selain koagulasi dan adsorpsi, penerapan *pretreatment* sebelum proses koagulasi telah banyak dikembangkan untuk meningkatkan efektivitas pengolahan air. Pretreatment dengan proses preoksidasi lebih efisien diterapkan dalam pengolahan air. Selain itu, preoksidasi dapat menyisihkan bahan organik alami, merusak sistem DNA dan RNA dari suatu mikroorganisme, menghindari produk samping dari penggunaan klorin, serta dapat mengurangi kekeruhan, warna, rasa, dan bau [10], [11]. Alternatif preoksidasi yang digunakan dalam preoksidasi meliputi permanganat, klorin, ferrat, dan ozon [11].

Kalium permanganat (KMnO_4) merupakan oksidator yang efektif dalam mendegradasi bahan organik, khususnya senyawa aromatik dengan mengubah senyawa organik bermassa molekul tinggi menjadi rendah sehingga dapat meningkatkan efisiensi penyisihan kontaminan pada proses pengolahan air [12]. Selain itu, kalsium hipoklorit ($\text{Ca}(\text{OCl})_2$) yang umum digunakan sebagai desinfektan karena stabil, mudah larut dalam air, dan memiliki nilai yang ekonomis [13], juga dapat digunakan dalam preoksidasi atau preklorinasi karena mampu mengurangi bahan organik, padatan tersuspensi, virus, bakteri, dan alga dalam air tetapi penting untuk dipantau karena memiliki potensi menghasilkan produk sampingan desinfeksi (DBPs) yang berbahaya terhadap kesehatan manusia [14].

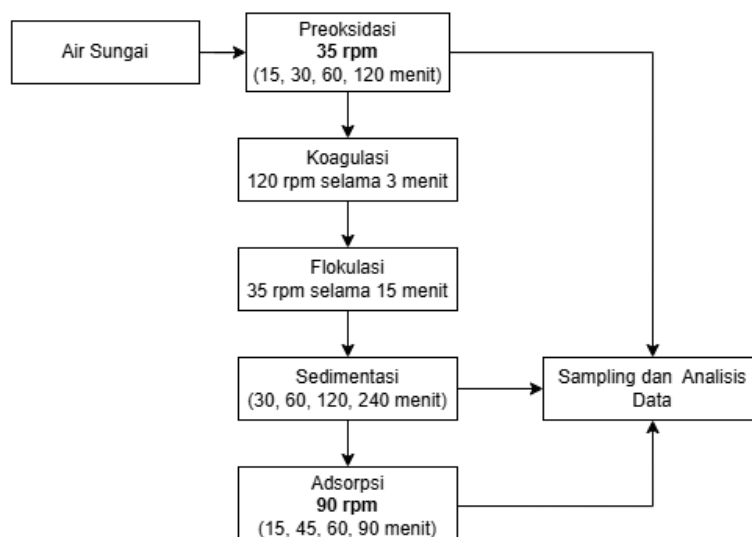
Meskipun berbagai penelitian telah mengkaji penyisihan bahan organik melalui kombinasi proses oksidasi, koagulasi, dan adsorpsi, studi yang secara khusus membandingkan penggunaan KMnO_4 dan $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ dalam sistem preoksidasi, yang diintegrasikan dengan koagulasi-flokulasi, sedimentasi, adsorpsi dengan mempertimbangkan variasi waktu kontak pada setiap unit proses masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh penggunaan KMnO_4 dan $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ serta variasi waktu kontak preoksidasi, sedimentasi, dan adsorpsi terhadap penyisihan COD dan UV_{254} pada pengolahan air sungai.

2. Metode Penelitian

Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan data hasil penelitian laboratorium. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi pengaduk (impeller), bak reaktor 10 L, dan peralatan gelas laboratorium. Bahan yang digunakan meliputi oksidator KMnO_4 , oksidator $\text{Ca}(\text{OCl})_2$, aluminium sulfat, dan karbon aktif. Prosedur kerja penelitian ini meliputi proses preoksidasi, KFS, dan adsorpsi yang dapat dijelaskan pada **Gambar 1**.

Proses pengolahan menggunakan air baku sebanyak 3 liter dengan dua jenis oksidator yaitu KMnO_4 (0,5 mg/L) dan $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ (30 mg/L). Selain itu, digunakan koagulan aluminium sulfat atau tawas sebesar 45 mg/L dan karbon aktif dengan 20 mg/L. Sebelum dilakukan analisis, seluruh sampel difiltrasi menggunakan kertas saring dengan ukuran pori 0,45 μm untuk menghilangkan partikel yang tidak terlarut. Setelah proses penyaringan, sampel dianalisis untuk menentukan karakteristik kualitas air yang diamati melalui uji *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan nilai absorbansi UV-Vis pada panjang gelombang 254 nm.



Gambar 1. Alur Proses Penelitian

Analisis Data

Analisis terhadap data hasil sampling dilakukan menggunakan metode sebagai berikut:

$$COD (mg/L) = \frac{1000}{Volume sampel (mL)} \times (A - B) \times N.FAS \times 8 \dots\dots\dots (1)$$

dengan A adalah volume titrasi FAS untuk blanko (mL), B adalah volume titrasi FAS untuk sampel (mL), dan N adalah normalitas FAS.

3. Hasil dan Pembahasan

Karakteristik Air Sungai

Karakteristik awal air sungai ditentukan melalui pengukuran parameter COD dan UV_{254} sebagai indikator kandungan bahan organik alami dalam perairan yang dijelaskan pada **Tabel 1**. Hasil analisis menunjukkan nilai COD sebesar 160 mg/L dan nilai absorbansi bahan organik aromatik melalui UV_{254} sebesar $0,12633 \text{ cm}^{-1}$. Nilai tersebut mengindikasikan adanya senyawa organik terlarut, khususnya senyawa aromatik yang berasal dari bahan organik alami maupun bahan organik dari aktivitas antropogenik di sekitar aliran sungai [15]. Keberadaan bahan organik tersebut berpotensi menurunkan kualitas. Selain pengukuran COD dan UV_{254} , pengukuran parameter pH dan suhu juga dilakukan terhadap sampel air. Hasil analisis menunjukkan nilai pH sebesar 8,31 dan suhu sebesar $29,1^{\circ}\text{C}$ yang mengindikasikan kondisi perairan relatif stabil karena masih dalam rentang baku mutu yang dipersyaratkan yaitu pada rentang 6 - 9.

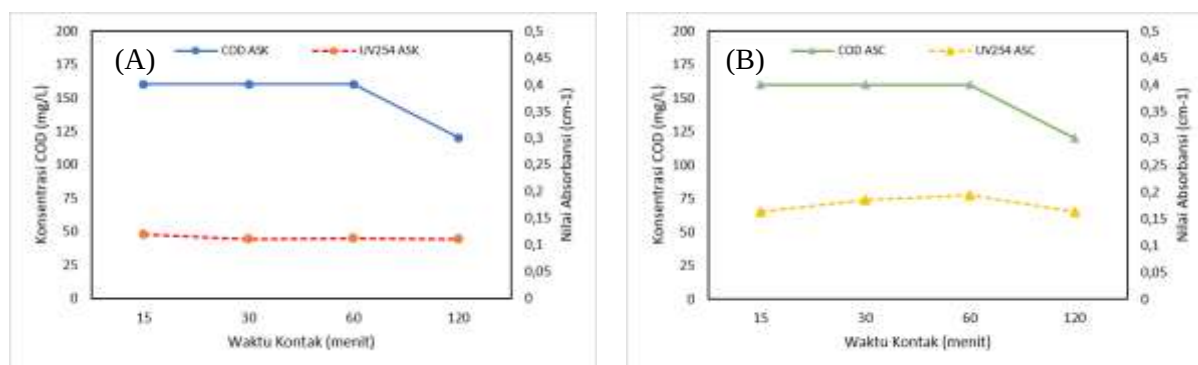
Tabel 1. Karakteristik Awal Air Sungai

Parameter	Satuan	Nilai	Baku Mutu	Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021
pH	-	8,31	6-9	
Suhu	($^{\circ}\text{C}$)	29,1	Dev 3	
COD	mg/L	160	80	

Pengaruh Preoksidasi dalam Penyisihan Bahan Organik Alami

Pada **Gambar 2** ditunjukkan tren perubahan kandungan bahan organik alami di air sungai pada variasi jenis oksidator berupa KMnO_4 dan $\text{Ca}(\text{OCl})_2$. Grafik tersebut menunjukkan konsentrasi COD pada oksidator KMnO_4 mengalami penurunan setelah melalui proses preoksidasi sebesar 160 mg/L menjadi 120 mg/L dan penurunan nilai UV_{254} sebesar $0,12633 \text{ cm}^{-1}$ menjadi $0,11134 \text{ cm}^{-1}$. Penyerapan UV pada panjang gelombang 254 digunakan untuk mengetahui bahan organik aromatik dalam sampel air [10], [12]. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan KMnO_4 sebagai oksidator mampu menyisihkan bahan organik alami berupa COD dan senyawa aromatik UV_{254} . Penurunan bahan organik alami pada proses preoksidasi menggunakan KMnO_4 diduga terjadi akibat terbentuknya mangan dioksida sebagai hasil reduksi permanganat. MnO_2 yang terbentuk memiliki kemampuan adsorpsi yang tinggi terhadap senyawa organik sehingga dapat meningkatkan penyisihan bahan organik dari air [16].

Sedangkan, pada penggunaan $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ sebagai oksidator, nilai COD juga turut menurun dimana nilai COD dari 160 mg/L menjadi 120 mg/L. Namun, nilai absorbansi UV_{254} mengalami kenaikan yaitu dari $0,12633 \text{ cm}^{-1}$ menjadi $0,16197 \text{ cm}^{-1}$. Hal ini menunjukkan penggunaan $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ sebagai oksidator memiliki kinerja yang kurang signifikan dalam menyisihkan bahan organik aromatik daripada oksidator KMnO_4 . KMnO_4 memiliki kemampuan yang tinggi terhadap senyawa fenolik dan aromatik yang mengandung gugus hidroksil yang merupakan komponen penyusun bahan organik alami [17]. Oksidasi tersebut menyebabkan berkurangnya struktur aromatik sehingga penurunan UV_{254} menjadi lebih besar. Selain itu, pada proses preoksidasi terdapat 4 variasi waktu kontak yaitu 15, 30, 60, dan 120 menit. Semakin lama waktu preoksidasi maka konsentrasi COD dan UV_{254} semakin menurun yaitu pada oksidator KMnO_4 dengan waktu kontak 30 menit nilai COD sebesar 160 mg/L dan nilai UV_{254} sebesar $0,12015 \text{ cm}^{-1}$. Sedangkan, pada waktu kontak 120 menit nilai COD turun menjadi 120 mg/L dan nilai UV_{254} menjadi $0,11134 \text{ cm}^{-1}$. Selain itu, pada oksidator $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ dengan waktu kontak 15 menit nilai COD sebesar 160 mg/L dan nilai UV_{254} sebesar $0,16245 \text{ cm}^{-1}$. Sedangkan, pada waktu kontak 120 menit nilai COD tidak mengalami penurunan tetap sebesar 160 mg/L.



Gambar 2. Pengaruh Proses Preoksidasi dengan Oksidator KMnO_4 dan $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ terhadap Penyisihan Parameter COD dan UV_{254}
(A) KMnO_4 ; (B) $\text{Ca}(\text{OCl})_2$

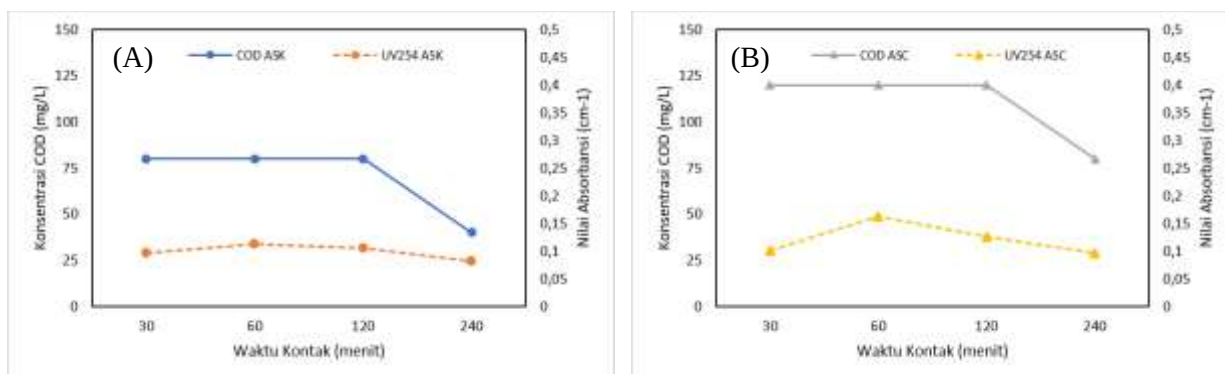
Pengaruh Koagulasi-Flokulasi dan Sedimentasi dalam Menyisihkan Bahan Organik Alami

Pada **Gambar 3**, ditunjukkan penurunan nilai COD dan UV_{254} setelah melalui proses preoksidasi menggunakan KMnO_4 dan $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ serta proses koagulasi menggunakan aluminium sulfat sebesar 45 mg/L. Aluminium sulfat atau $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ merupakan jenis koagulan yang umum digunakan dalam proses koagulasi. Koagulan aluminium sulfat saat ditambahkan ke dalam air akan terdisosiasi dan terhidrolisis kemudian terurai menjadi dispersi koloid bermuatan positif Al^{3+} dan dapat dengan mudah berinteraksi dan mengikat partikel koloid bermuatan negatif sehingga molekul menjadi lebih hidrofobik dan mudah teragregasi serta dapat dihilangkan melalui proses pengendapan secara gravitasi pada proses sedimentasi [7], [18]. Hasil penelitian menunjukkan penurunan nilai COD dari 120 mg/L menjadi 80 - 40 mg/L pada proses koagulasi setelah preoksidasi KMnO_4 dan sebesar 160 mg/L menjadi 120 - 80 mg/L pada proses koagulasi setelah preoksidasi menggunakan $\text{Ca}(\text{OCl})_2$.

Penurunan nilai tersebut menunjukkan bahwa perlakuan *pre-treatment* dengan preoksidasi sebelum proses koagulasi dapat meningkatkan penurunan bahan organik alami pada sampel air. Pada proses preoksidasi, bahan organik dipecah menjadi berat molekul yang lebih sederhana kemudian akan mengalami proses destabilisasi partikel dan pengendapan flok melalui proses koagulasi-flokulasi dan sedimentasi sehingga kandungan bahan organik di air sungai dapat menurun.

Penurunan bahan organik aromatik juga menunjukkan nilai yang sejalan dengan penurunan COD pada KFS yaitu sebesar $0,11134 \text{ cm}^{-1}$ menjadi $0,08192 \text{ cm}^{-1}$ setelah preoksidasi KMnO_4 dan sebesar $0,16197 \text{ cm}^{-1}$ menjadi $0,09639 \text{ cm}^{-1}$ setelah preoksidasi menggunakan oksidator $\text{Ca}(\text{OCl})_2$. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan preoksidasi sebagai *pretreatment* juga turut dapat menurunkan kandungan bahan organik aromatik pada air sungai. Selain itu, pada proses KFS terdapat 4 variasi waktu kontak yaitu 30, 60, 120, dan 240 menit. Pada proses KFS setelah preoksidasi KMnO_4 dengan waktu pengendapan 30 menit didapatkan nilai COD sebesar 80 mg/L dan UV_{254} sebesar $0,09639 \text{ cm}^{-1}$. Sedangkan, pada waktu pengendapan 240 menit nilai COD turun menjadi 40 mg/L dan UV_{254} menjadi $0,08192 \text{ cm}^{-1}$. Pada proses KFS setelah preoksidasi dengan $\text{Ca}(\text{OCl})_2$, saat waktu pengendapan 30 menit didapatkan nilai COD sebesar 120 mg/L dan UV_{254} sebesar $0,10046 \text{ cm}^{-1}$. Sedangkan, pada waktu pengendapan 240 menit nilai COD turun menjadi 80 mg/L dan UV_{254} menjadi $0,09639 \text{ cm}^{-1}$. Penurunan konsentrasi COD dan UV_{254} seiring

bertambahnya waktu sedimentasi menunjukkan bahwa proses pemisahan flok semakin efektif. Waktu sedimentasi lebih lama memungkinkan lebih banyak flok yang mengendap sehingga partikel dan bahan organik yang terikat pada flok dapat terpisah dengan air [19].

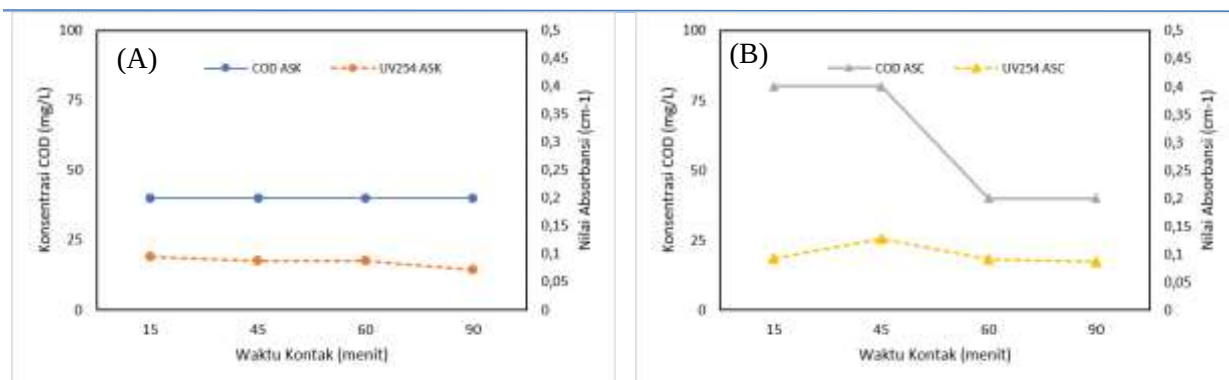


Gambar 3. Pengaruh Proses Koagulasi-Flokulasi, dan Sedimentasi Terhadap Penyisihan Parameter COD dan UV₂₅₄
(A) KMnO₄; (B) Ca(OCl)₂

Pengaruh Proses Adsorpsi dengan Karbon Aktif dalam Menyisihkan Bahan Organik Alami

Pada **Gambar 4** ditunjukkan penurunan kandungan bahan organik berupa nilai COD dan UV₂₅₄ setelah melalui rangkaian proses preoksidasi, koagulasi-flokulasi, sedimentasi, dan adsorpsi. Proses adsorpsi merupakan terjeratnya suatu molekul maupun ion pada permukaan adsorben [20]. Setelah melalui proses koagulasi-flokulasi dan sedimentasi, nilai COD tetap pada proses adsorpsi dan tidak mengalami penurunan yaitu sebesar 40 mg/L pada oksidator KMnO₄. Namun, pada oksidator Ca(OCl)₂ nilai COD mengalami penurunan signifikan yaitu dari 80 mg/L menjadi 40 mg/L. Penurunan tersebut sejalan dengan penelitian Hidayah et.al., (2023), bahwa penggunaan karbon aktif pada proses adsorpsi dapat menurunkan kandungan bahan organik di air sungai melalui proses penjerapan dimana senyawa organik masuk dan terjerap ke dalam pori-pori karbon aktif [8]. Selain penurunan nilai COD, kandungan senyawa aromatik UV₂₅₄ mengalami penurunan dari 0,08192 cm⁻¹ menjadi 0,07074 cm⁻¹ pada oksidator KMnO₄ dan sebesar 0,09639 cm⁻¹ menjadi 0,08563 cm⁻¹ pada oksidator Ca(OCl)₂.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa penggunaan karbon aktif juga berperan dalam penyisihan bahan organik alami, khususnya fraksi yang mengandung gugus aromatik. Kemampuan tersebut disebabkan senyawa aromatik memiliki afinitas yang tinggi terhadap karbon aktif sehingga dapat teradsorpsi pada permukaan karbon melalui interaksi π - π antara struktur aromatik adsorbat dan adsorben [21]. Penambahan adsorpsi sebagai pengolahan lanjutan mampu menyisihkan bahan organik yang masih tersisa setelah proses preoksidasi dan koagulasi [8]. Hal ini menunjukkan bahwa adsorpsi mampu meningkatkan kinerja proses preoksidasi dan koagulasi dalam menyisihkan bahan organik alami di air sungai. Selain itu, terdapat 4 variasi waktu kontak pada proses adsorpsi yaitu selama 15, 45, 60, dan 90 menit. Pada oksidator KMnO₄ dengan waktu kontak adsorpsi selama 15 menit, didapatkan nilai COD sebesar 40 mg/L dan nilai UV₂₅₄ sebesar 0,09505 cm⁻¹. Sedangkan, pada waktu kontak adsorpsi 90 menit nilai COD tidak mengalami penurunan tetapi nilai UV₂₅₄ turun menjadi 0,07074 cm⁻¹. Pada oksidator Ca(OCl)₂ dengan waktu kontak adsorpsi 15 menit, didapatkan nilai COD sebesar 80 mg/L dan nilai UV₂₅₄ sebesar 0,09253 cm⁻¹. Sedangkan, pada waktu kontak adsorpsi 90 menit didapatkan nilai COD turun menjadi 40 mg/L dan nilai UV₂₅₄ menjadi 0,08563 cm⁻¹.



Gambar 4. Pengaruh Proses Adsorpsi setelah Preoksidasi dan Koagulasi Terhadap Penyisihan Parameter COD dan UV₂₅₄

(a) KMnO₄; (b) Ca(OCl)₂

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, penggunaan KMnO₄ dan Ca(OCl)₂ sebagai oksidator pada tahap preoksidasi menunjukkan kinerja yang baik dalam penyisihan bahan organik alami pada air sungai. Rangkaian proses preoksidasi, koagulasi, sedimentasi, dan adsorpsi karbon aktif dengan penggunaan KMnO₄ mampu menurunkan COD dari 160 mg/L menjadi 40 mg/L serta menurunkan absorbansi UV₂₅₄ dari 0,12633 cm⁻¹ menjadi 0,07074 cm⁻¹. Sementara itu, penggunaan Ca(OCl)₂ menghasilkan COD akhir sebesar 40 mg/L dan absorbansi UV₂₅₄ sebesar 0,08563 cm⁻¹. Hasil tersebut menunjukkan bahwa meskipun kedua oksidator menghasilkan COD akhir yang sama, KMnO₄ dapat menurunkan senyawa organik aromatik yang ditunjukkan oleh nilai UV₂₅₄ yang lebih rendah. Dengan demikian, kombinasi proses preoksidasi menggunakan KMnO₄, koagulasi menggunakan aluminium sulfat, sedimentasi selama 240 menit, dan adsorpsi karbon aktif selama 90 menit merupakan rangkaian pengolahan yang efektif untuk meningkatkan kualitas air sungai berdasarkan parameter COD dan UV₂₅₄.

5. Daftar Pustaka

- [1] N. H. Hasibuan, I. Suryati, R. Leonardo, A. Risky, P. Ageng, and R. Addauwiyah, "Analisa Jenis, Bentuk Dan Kelimpahan Mikroplastik Di Sungai Sei Sikambing Medan," *J. Sains dan Teknol. J. Keilmuan dan Apl. Teknol. Ind.*, vol. 20, no. 2, p. 108, 2020, doi: 10.36275/stsp.v20i2.270.
- [2] H. N. P. Dayarathne, "Removal of Natural Organic Matter from source water," *Sch. Comput. Eng. Math. Sci. La Trobe Univ.*, no. February, pp. 1–142, 2022, [Online]. Available: https://opal.latrobe.edu.au/articles/thesis/Removal_of_Natural_Organic_Matter_from_Source_Water/20454456
- [3] L. S. Sadewi, M. A. Nugraha, and I. Akhrianti, "Konsentrasi dan Distribusi Karbon Organik Total (TOC), Total Nitrogen (TN) dan Rasio C/N pada Sedimen di Perairan Kawasan Pelabuhan Pangkal Balam, Bangka," *J. Trop. Mar. Sci.*, vol. 5, no. 2, pp. 121–130, 2022.
- [4] Hasibuan, Erick Samuel Frederico, Endang Supriyanti, and Sunaryo Sunaryo. "Pengukuran parameter bahan organik di perairan sungai Silugonggo, Kecamatan Juwana, Kabupaten Pati." *Buletin Oseanografi Marina* 10.3 (2021): 299-306.
- [5] H. Sun, H. Lin, J. Shi, and Z. Kuang, "Insights into the Interaction Between Coagulants and Natural Organic Matter (NOM) in Drinking Water Treatment: A Review of Floc Formation and Floc Aging," pp. 1–25, 2025.
- [6] A. Matilainen, M. Vepsäläinen, and M. Sillanpää, "Natural organic matter removal by coagulation during drinking water treatment: A review," *Adv. Colloid Interface Sci.*, vol. 159, no. 2, pp. 189–197, 2010, doi: 10.1016/j.cis.2010.06.007.
- [7] A. Knap-baldyga and M. Zubrowska-sudoł, "Natural Organic Matter Removal in Surface Water Treatment via Coagulation Current Issues, Potential Solutions and New Findings," pp. 1–24, 2023.
- [8] E. N. Hidayah, O. H. Cahyonugroho, and N. A. Fauziyah, "Performance of Alum Coagulation and Adsorption on Removing Organic Matter and E. coli," *Nat. Environ. Pollut. Technol.*, vol. 22, no. 1, pp. 497–502, 2023, doi: 10.46488/NEPT.2023.V22I01.048.
- [9] Nurul Hidayah, Euis, et al. "The Changing of Dissolved Organic Matter Based on Its Molecular Weight Through Alum Coagulation and Adsorption Activated Carbon." *MATEC Web of Conferences*. Vol. 372. EDP Sciences.

- [10] E. N. Hidayah, G. C. Anastasia, and O. H. Cahyonugroho, "Characterization and Removal of Dissolved Organic Matter in River Water Through Preoxidation-Coagulation Process," *Dampak*, vol. 16, no. 1, pp. 20–25, 2019, doi: 10.25077/dampak.16.1.20-25.2019.
- [11] M. N. I. L. Saud and E. Nurhayati, "Preozonasi Sebagai Pretreatment Air Baku: Studi Kasus Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM) Ngagel I Kota Surabaya," *J. Ilm. Tek. Lingkung.*, vol. 15, no. 1, pp. 83–90, 2023.
- [12] E. N. Hidayah, Y. C. Chou, and H. H. Yeh, "Comparison Between HPSEC-OCD and F-EEMs for Assessing DBPs Formation in Water," *J. Environ. Sci. Heal. - Part A Toxic/Hazardous Subst. Environ. Eng.*, vol. 52, no. 4, pp. 391–402, 2017, doi: 10.1080/10934529.2016.1262607.
- [13] P. Wiranti, U. Kadaria, and H. Desmaiani, "Perbandingan Penggunaan Desinfektan Kalsium Hipoklorit ($\text{Ca}(\text{OCl})_2$) Dan Natrium Hipoklorit (NaOCl) Pada Air Olahan Perumda Air Minum Tirta Khatulistiwa," *J. Teknol. Lingkung. Lahan Basah*, vol. 11, no. 3, pp. 845–854, 2023, doi: 10.26418/jtllb.v11i3.69870.
- [14] A. Y. Bagastyo *et al.*, "The Role of Aeration and Pre-Chlorination Prior to Coagulation-Flocculation Process in Water Treatment: A Laboratory and Field Research in Indonesia," vol. 7, pp. 1–10, 2023, doi: 10.1016/j.cscee.2023.100352.
- [15] F. Meng, G. Huang, X. Yang, and Z. Li, "Identifying the sources and fate of anthropogenically impacted dissolved organic matter (DOM) in urbanized rivers," *Water Res.*, vol. 47, no. 14, pp. 5027–5039, 2013, doi: 10.1016/j.watres.2013.05.043.
- [16] P. Xie, Y. Chen, J. Ma, X. Zhang, J. Zou, and Z. Wang, "A Mini Review of Preoxidation to Improve Coagulation," *Chemosphere*, vol. 155, pp. 550–563, 2016, doi: 10.1016/j.chemosphere.2016.04.003.
- [17] Jiang, Jin, et al. "Understanding the role of manganese dioxide in the oxidation of phenolic compounds by aqueous permanganate." *Environmental Science & Technology* 49.1 (2015): 520-528.
- [18] S. Ningsih and T. Harmawan, "Pengaruh Penambahan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ Terhadap Derajat Keasaman Air Baku pada Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Tirta Keumueneng Langsa," *Quim. J. Kim. Sains dan Terap.*, vol. 4, no. 1, pp. 20–23, 2022.
- [19] T. J. Mohammed and E. Shakir, "Effect of settling time , velocity gradient , and camp number on turbidity removal for oilfield produced water," *Egypt. J. Pet.*, vol. 27, no. 1, pp. 31–36, 2018, doi: 10.1016/j.ejpe.2016.12.006.
- [20] Anggriawan, Agus, et al. "Kemampuan adsorpsi logam berat Cu dengan menggunakan adsorben kulit jagung (zea mays)." *Jurnal Chemurgy* 3.2 (2019): 27-30.
- [21] E. Mirzaee and M. Sartaj, "Activated carbon - based magnetic composite as an adsorbent for removal of polycyclic aromatic hydrocarbons from aqueous phase : Characterization, adsorption kinetics and isotherm studies," *J. Hazard. Mater. Adv.*, vol. 6, pp. 1–15, 2022, doi: 10.1016/j.hazadv.2022.100083.