

## ANALISIS PENENTUAN KOAGULAN DAN DOSIS OPTIMUM PADA PROSES KOAGULASI–FLOKULASI DALAM PENGOLAHAN AIR

Miftahul Khairati<sup>1\*</sup>, Reni Sutri<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Teknik Kimia Bahan Nabati, Politeknik ATI Padang, Jl. Bungo Pasang, Tabing, Padang, 25171

\*email : miftahul-khairati@kemenperin.go.id

### Abstrak

*Penurunan kualitas air merupakan salah satu permasalahan lingkungan yang semakin meningkat seiring pertumbuhan penduduk dan perkembangan aktivitas industri. Air limbah yang dihasilkan dari aktivitas domestik maupun industri mengandung berbagai kontaminan seperti partikel tersuspensi, bahan organik, serta senyawa kimia yang berpotensi membahayakan kesehatan manusia dan lingkungan. Salah satu metode yang banyak digunakan dalam pengolahan air adalah proses koagulasi–flokulasi yang bertujuan untuk menghilangkan partikel koloid dan zat tersuspensi melalui penambahan bahan kimia koagulan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan jenis koagulan yang paling efektif serta menentukan dosis koagulan optimum dalam proses pengolahan air. Penelitian dilakukan menggunakan metode eksperimen laboratorium melalui uji jar test dengan dua jenis koagulan yaitu tawas ( $Al_2(SO_4)_3$ ) dan Poly Aluminium Chloride (PAC). Variasi dosis koagulan yang digunakan adalah 10, 20, 30, 40, dan 50 mg/L. Parameter yang dianalisis meliputi turbiditas, pH, Total Suspended Solid (TSS), dan Total Dissolved Solid (TDS). Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan dosis koagulan meningkatkan efisiensi penurunan turbiditas hingga mencapai dosis optimum pada 30 mg/L. Pada dosis tersebut, PAC menunjukkan efisiensi penurunan turbiditas lebih tinggi dibandingkan tawas. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pemilihan jenis koagulan dan dosis optimum sangat berpengaruh terhadap efektivitas proses pengolahan air.*

**Kata Kunci :** koagulasi, flokulasi, jar test, turbiditas, PAC, tawas

## ANALYSIS OF COAGULANT TYPE AND OPTIMUM DOSAGE IN THE COAGULATION–FLOCCULATION PROCESS FOR WATER TREATMENT

### Abstract

*The decline in water quality has become an increasing environmental problem due to rapid population growth and industrial activities. Domestic and industrial wastewater contains various contaminants such as suspended particles, organic substances, and chemical compounds that can negatively affect water quality and pose risks to human health and aquatic ecosystems. One of the commonly applied methods in water treatment is the coagulation–flocculation process, which aims to remove colloidal particles and suspended*

*solids through the addition of chemical coagulants. This study aims to determine the most effective type of coagulant and the optimum coagulant dosage in the water treatment process. The research was conducted using a laboratory experimental method through a jar test using two types of coagulants, namely alum ( $Al_2(SO_4)_3$ ) and Poly Aluminium Chloride (PAC). Five dosage variations of coagulants were applied: 10, 20, 30, 40, and 50 mg/L. The parameters analyzed included turbidity, pH, Total Suspended Solids (TSS), and Total Dissolved Solids (TDS). The results showed that increasing the coagulant dosage improved turbidity removal efficiency up to an optimum dosage of 30 mg/L. At this dosage, PAC demonstrated higher turbidity removal efficiency compared to alum. The findings indicate that the selection of coagulant type and optimum dosage plays a crucial role in improving the effectiveness of the coagulation–flocculation process in water treatment.*

**Keywords:** *coagulation, flocculation, jar test, turbidity removal, PAC, alum*

---

## PENDAHULUAN

Penurunan kualitas air merupakan salah satu bentuk degradasi lingkungan yang terjadi akibat meningkatnya jumlah penduduk dan perkembangan aktivitas industri. Peningkatan aktivitas manusia menyebabkan meningkatnya produksi limbah yang akhirnya mencemari badan air seperti sungai, danau, dan sumber air lainnya. Kondisi ini menyebabkan berkurangnya ketersediaan air bersih yang layak digunakan oleh masyarakat. Beberapa daerah bahkan mengalami krisis air bersih akibat pencemaran dan kerusakan lingkungan perairan (Permenlh, 2009).

Sebagian besar pencemaran sungai di Jakarta berasal dari limbah domestik. Pada tahun 1989 kontribusi limbah domestik terhadap pencemaran sungai mencapai 78,9%, sedangkan limbah industri sebesar 8%. Pada tahun 2010 kontribusi limbah domestik diperkirakan sebesar 72,7% sementara limbah industri meningkat menjadi 9,9%. Selain itu, air limbah yang dihasilkan dari berbagai aktivitas produksi seringkali mengandung zat berbahaya yang dapat

mengancam kesehatan manusia dan merusak lingkungan perairan (Permenlh 2010).

Salah satu metode pengolahan air yang banyak digunakan adalah proses koagulasi dan flokulasi. Koagulasi merupakan proses destabilisasi partikel koloid melalui penambahan koagulan yang memiliki muatan berlawanan dengan muatan partikel dalam air sehingga partikel tersebut dapat bergabung membentuk mikroflok. Selanjutnya, proses flokulasi merupakan tahap lanjutan dari koagulasi dimana mikroflok akan bergabung menjadi flok yang lebih besar sehingga mudah diendapkan. Kedua proses ini umumnya dilakukan secara bersamaan dalam sistem pengolahan air (Teh et al., 2016).

Dalam beberapa tahun terakhir, penelitian mengenai efektivitas berbagai jenis koagulan terus berkembang seiring meningkatnya kebutuhan pengolahan air yang lebih efisien. Beberapa koagulan yang umum digunakan dalam pengolahan air adalah tawas dan Poly Aluminium Chloride (PAC). Kedua koagulan ini memiliki karakteristik yang berbeda

dalam proses pembentukan flok serta efektivitas dalam menurunkan kekeruhan air. Oleh karena itu, pemilihan jenis koagulan dan dosis yang tepat sangat penting untuk meningkatkan efisiensi proses pengolahan air (Verma et al., 2012).

Selain itu, dosis koagulan sangat mempengaruhi stabilitas partikel koloid dalam air. Dosis yang terlalu rendah menyebabkan proses koagulasi tidak berlangsung optimal, sedangkan dosis yang terlalu tinggi dapat menyebabkan restabilisasi partikel sehingga menurunkan efisiensi pengolahan air (Verma et al., 2012). Oleh karena itu, penentuan dosis koagulan optimum menjadi faktor penting dalam sistem pengolahan air.

Penelitian mengenai optimasi koagulan juga semakin berkembang dengan mempertimbangkan parameter kualitas air lainnya seperti pH, TSS, dan TDS untuk memperoleh hasil pengolahan yang lebih komprehensif (Chia et al., 2022, Chen et al., 2023). Parameter-parameter tersebut dapat memberikan gambaran menyeluruh mengenai efektivitas proses koagulasi-flokulasi dalam menghilangkan berbagai jenis kontaminan dalam air.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menentukan jenis koagulan yang paling efektif serta menentukan dosis optimum koagulan dalam proses koagulasi-flokulasi pada pengolahan air. Novelty penelitian ini terletak pada analisis komparatif efektivitas dua jenis koagulan yang umum digunakan (tawas dan PAC) dengan pendekatan optimasi dosis melalui jar test serta evaluasi simultan beberapa parameter kualitas air yaitu turbiditas, pH, TSS, dan TDS.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen laboratorium untuk menganalisis efektivitas proses koagulasi-flokulasi dalam pengolahan air. Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode jar test untuk menentukan jenis koagulan yang paling efektif serta dosis koagulan optimum dalam menurunkan tingkat kekeruhan air.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi sampel air baku, koagulan tawas ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ), koagulan Poly Aluminium Chloride (PAC), serta aquades untuk keperluan pengenceran. Alat yang digunakan antara lain jar test apparatus, turbidimeter, pH meter, timbangan analitik, gelas ukur, beaker glass, filter kertas, dan alat analisis TDS serta TSS.

Proses penelitian diawali dengan pengambilan sampel air baku yang kemudian dianalisis karakteristik awalnya meliputi turbiditas, pH, TSS, dan TDS. Selanjutnya dilakukan proses jar test dengan menambahkan koagulan pada sampel air dengan variasi dosis yaitu 10, 20, 30, 40, dan 50 mg/L.

Tahap jar test dimulai dengan proses pengadukan cepat (rapid mixing) pada kecepatan sekitar 120 rpm selama 2 menit untuk mendispersikan koagulan secara merata dalam air. Setelah itu dilanjutkan dengan proses pengadukan lambat (slow mixing) pada kecepatan 30 rpm selama 15 menit untuk membantu pembentukan flok yang lebih besar. Selanjutnya sampel didiamkan selama 30 menit untuk proses pengendapan.

Setelah proses sedimentasi selesai, bagian air jernih diambil untuk dianalisis parameter kualitas air yang meliputi turbiditas, pH, TSS, dan TDS. Efisiensi penurunan turbiditas dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\text{Efisiensi (\%)} = \frac{T_0 - T}{T_0} \times 100\%$$

dimana:

$T_0$  = turbiditas awal

$T$  = turbiditas setelah pengolahan

Data hasil pengujian kemudian dianalisis secara deskriptif dan komparatif untuk menentukan jenis koagulan yang paling efektif serta dosis optimum yang memberikan efisiensi penurunan turbiditas tertinggi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik awal air baku sebelum proses koagulasi-flokulasi ditampilkan pada tabel 1.

**Tabel 1.** Karakteristik Awal Air Baku Sebelum Proses Koagulasi–Flokulasi

| Parameter  | Satuan | Nilai |
|------------|--------|-------|
| Turbiditas | NTU    | 120   |
| pH         | -      | 7.4   |
| TSS        | mg/L   | 200   |
| TDS        | mg/L   | 520   |

Berdasarkan hasil analisis awal, sampel air menunjukkan nilai turbiditas sebesar 120 NTU, yang menunjukkan tingkat kekeruhan cukup tinggi akibat keberadaan partikel tersuspensi dalam air. Nilai TSS sebesar 200 mg/L menunjukkan konsentrasi padatan tersuspensi yang cukup tinggi dan berpotensi menurunkan kualitas air. Nilai pH sebesar 7,4 menunjukkan kondisi air yang relatif netral, sedangkan nilai TDS sebesar 520 mg/L menunjukkan adanya kandungan zat terlarut dalam air. Kondisi ini menunjukkan bahwa air baku memerlukan proses pengolahan sebelum dapat digunakan.

**Tabel 2.** Hasil Pengujian Parameter Kualitas Air Setelah Proses Koagulasi–Flokulasi

| Dosis Koagulan (mg/L) | Turbiditas Tawas (NTU) | Turbiditas PAC (NTU) | pH Tawas | pH PAC | TSS Tawas (mg/L) | TSS PAC (mg/L) | TDS Tawas (mg/L) | TDS PAC (mg/L) |
|-----------------------|------------------------|----------------------|----------|--------|------------------|----------------|------------------|----------------|
| 10                    | 66                     | 58                   | 7.2      | 7.3    | 120              | 110            | 510              | 508            |
| 20                    | 45                     | 38                   | 7.0      | 7.2    | 85               | 78             | 505              | 500            |
| 30                    | 26                     | 18                   | 6.8      | 7.0    | 50               | 45             | 498              | 492            |
| 40                    | 31                     | 22                   | 6.7      | 6.9    | 55               | 48             | 500              | 494            |
| 50                    | 35                     | 24                   | 6.6      | 6.8    | 60               | 52             | 503              | 497            |

### Turbiditas

Turbiditas merupakan salah satu parameter penting dalam menentukan kualitas air karena menunjukkan tingkat kekeruhan yang disebabkan oleh keberadaan partikel tersuspensi seperti lumpur, bahan organik, dan mikroorganisme. Berdasarkan hasil penelitian, nilai turbiditas air baku sebelum pengolahan sebesar 120 NTU. Setelah dilakukan proses koagulasi–

flokulasi menggunakan tawas dan PAC dengan berbagai variasi dosis, terjadi penurunan turbiditas yang cukup signifikan. Penurunan ini menunjukkan bahwa proses koagulasi–flokulasi mampu mendestabilisasi partikel koloid sehingga partikel tersebut dapat menggumpal dan mengendap (Chen et al., 2023).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan dosis koagulan dari 10 mg/L hingga 30 mg/L menyebabkan

penurunan turbiditas yang semakin besar. Pada dosis 30 mg/L diperoleh nilai turbiditas terendah yaitu 26 NTU untuk tawas dan 18 NTU untuk PAC. Hal ini menunjukkan bahwa dosis tersebut merupakan dosis optimum untuk proses koagulasi pada penelitian ini. Pada dosis optimum, proses destabilisasi partikel koloid berlangsung secara efektif sehingga terbentuk flok yang lebih besar dan mudah mengendap selama proses sedimentasi (Streicher et al., 2023 ).

Namun, pada dosis yang lebih tinggi yaitu 40 mg/L dan 50 mg/L terjadi sedikit peningkatan nilai turbiditas. Kondisi ini disebabkan oleh fenomena restabilisasi partikel, yaitu kondisi dimana kelebihan muatan dari koagulan menyebabkan partikel kembali terdispersi dalam air. Selain itu, hasil penelitian juga menunjukkan bahwa PAC memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan tawas dalam menurunkan turbiditas. Hal ini disebabkan oleh struktur polimer aluminium pada PAC yang lebih stabil sehingga mampu membentuk flok yang lebih besar dan lebih kuat dibandingkan tawas (Tonge et al., 2021).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan koagulan tawas dan PAC mampu menurunkan turbiditas air secara signifikan, dengan efisiensi tertinggi diperoleh pada dosis 30 mg/L. Pada kondisi tersebut, turbiditas mengalami penurunan yang cukup besar dibandingkan kondisi awal air baku. Penurunan turbiditas ini menunjukkan bahwa proses koagulasi–flokulasi berhasil mendestabilisasi partikel koloid dalam air sehingga partikel tersebut dapat bergabung membentuk flok yang lebih besar dan mudah mengendap. Selain itu, PAC menunjukkan efisiensi yang sedikit lebih tinggi dibandingkan tawas, yang mengindikasikan bahwa struktur polimerik PAC memiliki kemampuan

yang lebih baik dalam proses pembentukan flok (Lourenço et al., 2018).

Hasil tersebut sejalan dengan penelitian Agbovi et al. (2017) yang melaporkan bahwa penggunaan koagulan berbasis aluminium mampu menurunkan turbiditas air hingga lebih dari 80% pada kondisi dosis optimum. Dalam penelitian tersebut dijelaskan bahwa proses netralisasi muatan pada partikel koloid merupakan mekanisme utama dalam proses koagulasi. Ketika muatan partikel telah dinetralkan, partikel-partikel tersebut akan saling berikatan dan membentuk flok yang lebih besar sehingga dapat dipisahkan dari air melalui proses sedimentasi.

## pH

pH merupakan parameter penting dalam proses pengolahan air karena mempengaruhi efektivitas reaksi kimia selama proses koagulasi–flokulasi. Berdasarkan hasil penelitian, nilai pH air baku sebelum proses pengolahan adalah sebesar 7,4 yang menunjukkan kondisi air relatif netral. Setelah proses koagulasi menggunakan tawas dan PAC, terjadi sedikit penurunan nilai pH pada sampel air.

Penurunan pH lebih terlihat pada penggunaan koagulan tawas dibandingkan PAC. Hal ini disebabkan oleh proses hidrolisis aluminium sulfat yang menghasilkan ion hidrogen ( $H^+$ ) sehingga menyebabkan pH air menjadi lebih rendah. Pada dosis koagulan 50 mg/L, nilai pH turun hingga mencapai 6,6 pada penggunaan tawas dan 6,8 pada penggunaan PAC. Meskipun terjadi penurunan, nilai pH tersebut masih berada dalam kisaran yang relatif aman untuk proses pengolahan air.

Selain itu, hasil penelitian menunjukkan bahwa PAC memiliki kestabilan pH yang lebih baik dibandingkan tawas. Hal ini disebabkan karena PAC merupakan koagulan berbasis polimer aluminium yang telah mengalami proses polimerisasi sehingga reaksi hidrolisis yang terjadi lebih terkendali. Dengan demikian, penggunaan PAC tidak menyebabkan perubahan pH yang terlalu signifikan selama proses koagulasi–flokulasi.

Parameter pH dalam penelitian ini menunjukkan perubahan yang relatif kecil selama proses koagulasi–flokulasi. Nilai pH cenderung sedikit menurun seiring dengan peningkatan dosis koagulan, terutama pada penggunaan tawas. Penurunan pH ini disebabkan oleh reaksi hidrolisis aluminium yang menghasilkan ion hidrogen dalam larutan. Namun demikian, perubahan pH yang terjadi masih berada dalam kisaran netral sehingga tidak memberikan dampak yang signifikan terhadap kualitas air secara keseluruhan.

Fenomena tersebut juga dilaporkan dalam penelitian Chen et al. (2023) yang menyatakan bahwa penggunaan koagulan berbasis aluminium dapat menyebabkan penurunan pH air akibat proses hidrolisis aluminium dalam larutan. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa tawas cenderung menurunkan pH lebih besar dibandingkan PAC karena kebutuhan alkalinitasnya lebih tinggi dalam proses pembentukan flok. Oleh karena itu, pada beberapa sistem pengolahan air sering dilakukan penyesuaian pH untuk menjaga stabilitas proses koagulasi.

### **TSS (Total Suspended Solid)**

Total Suspended Solid (TSS) merupakan parameter yang menunjukkan

jumlah partikel padatan yang tersuspensi dalam air. Nilai TSS yang tinggi dapat menyebabkan peningkatan kekeruhan air serta menurunkan kualitas air. Berdasarkan hasil analisis awal, nilai TSS air baku sebelum pengolahan adalah sebesar 200 mg/L. Setelah dilakukan proses koagulasi–flokulasi, nilai TSS mengalami penurunan yang cukup signifikan pada semua variasi dosis koagulan.

Penurunan nilai TSS terjadi seiring dengan peningkatan dosis koagulan hingga mencapai dosis optimum pada 30 mg/L. Pada dosis tersebut, nilai TSS menurun hingga 50 mg/L pada penggunaan tawas dan 45 mg/L pada penggunaan PAC. Penurunan ini menunjukkan bahwa proses koagulasi–flokulasi mampu menghilangkan sebagian besar partikel tersuspensi dalam air melalui proses pembentukan flok dan pengendapan (Ouahiri et al., 2025).

Pada dosis yang lebih tinggi yaitu 40 mg/L dan 50 mg/L, penurunan TSS tidak mengalami peningkatan yang signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa proses koagulasi telah mencapai kondisi optimum pada dosis 30 mg/L. Selain itu, hasil penelitian juga menunjukkan bahwa PAC memiliki kemampuan yang lebih baik dalam menurunkan TSS dibandingkan tawas. Hal ini disebabkan oleh kemampuan PAC dalam membentuk flok yang lebih besar dan lebih stabil sehingga partikel tersuspensi dapat terendapkan dengan lebih efektif (Hata et al., 2024).

Parameter TSS juga mengalami penurunan yang cukup signifikan setelah proses koagulasi–flokulasi. Penurunan TSS ini menunjukkan bahwa sebagian besar padatan tersuspensi dalam air berhasil teragregasi menjadi flok yang

lebih besar selama proses pengadukan lambat pada tahap flokulasi. Hal ini menunjukkan bahwa proses koagulasi tidak hanya efektif dalam menurunkan kekeruhan air tetapi juga mampu mengurangi konsentrasi padatan tersuspensi yang berpotensi menurunkan kualitas air (Hussain et al., 2023).

Hasil penelitian ini konsisten dengan penelitian Tran et al. (2023) yang melaporkan bahwa penggunaan aluminium sulfat dan PAC dalam pengolahan air permukaan mampu menurunkan TSS hingga lebih dari 70%. Dalam penelitian tersebut dijelaskan bahwa partikel-partikel padatan tersuspensi memiliki muatan negatif yang dapat dinetralkan oleh ion positif dari koagulan aluminium. Setelah proses destabilisasi terjadi, partikel-partikel tersebut akan bergabung membentuk flok yang lebih besar sehingga lebih mudah dipisahkan dari air.

### **TDS (Total Dissolved Solid)**

Total Dissolved Solid (TDS) merupakan parameter yang menunjukkan jumlah zat terlarut dalam air seperti garam mineral, ion logam, dan senyawa kimia lainnya. Berdasarkan hasil analisis awal, nilai TDS air baku sebelum proses pengolahan adalah sebesar 520 mg/L. Setelah dilakukan proses koagulasi–flokulasi menggunakan tawas dan PAC, nilai TDS mengalami penurunan meskipun tidak terlalu signifikan dibandingkan parameter turbiditas dan TSS.

Penurunan nilai TDS yang relatif kecil disebabkan karena proses koagulasi–flokulasi lebih efektif dalam menghilangkan partikel tersuspensi dibandingkan zat yang terlarut dalam air. Pada dosis koagulan 30 mg/L, nilai TDS menurun menjadi 498 mg/L pada

penggunaan tawas dan 492 mg/L pada penggunaan PAC. Penurunan ini disebabkan oleh sebagian zat terlarut yang ikut teradsorpsi pada permukaan flok yang terbentuk selama proses koagulasi (Li et al., 2026).

Selain itu, hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan PAC menghasilkan nilai TDS yang sedikit lebih rendah dibandingkan tawas. Hal ini menunjukkan bahwa PAC memiliki kemampuan adsorpsi yang lebih baik terhadap beberapa zat terlarut dalam air. Namun secara umum, perubahan nilai TDS dalam penelitian ini tidak terlalu besar karena proses koagulasi–flokulasi memang tidak dirancang untuk menghilangkan zat terlarut secara signifikan (Ranganath et al., 2026).

Sementara itu, parameter TDS dalam penelitian ini menunjukkan perubahan yang relatif kecil setelah proses koagulasi–flokulasi. Hal ini menunjukkan bahwa proses koagulasi lebih efektif dalam menghilangkan partikel tersuspensi dibandingkan zat yang terlarut dalam air. TDS pada umumnya terdiri dari ion-ion terlarut seperti kalsium, magnesium, natrium, dan berbagai senyawa anorganik lainnya yang tidak mudah dipisahkan melalui proses koagulasi (Xia et al., 2026).

Hasil tersebut sejalan dengan penelitian Fezzani (2026) dan Kisaoglan et al. (2025) yang menyatakan bahwa proses koagulasi–flokulasi memiliki pengaruh yang terbatas terhadap penurunan TDS karena metode ini lebih efektif dalam menghilangkan partikel tersuspensi dibandingkan zat terlarut. Untuk menurunkan TDS secara signifikan biasanya diperlukan proses pengolahan tambahan seperti filtrasi membran, reverse osmosis, atau proses pertukaran ion.

Penelitian lain yang dilakukan oleh Boshomane et al. (2025) dan Randhawa et al. (2025) juga menunjukkan bahwa penggunaan PAC dalam proses pengolahan air mampu meningkatkan efisiensi penghilangan turbiditas dan TSS tanpa memberikan perubahan yang signifikan terhadap nilai TDS. Hal ini menunjukkan bahwa karakteristik kimia PAC lebih berperan dalam proses agregasi partikel tersuspensi daripada dalam pengendapan zat terlarut.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, proses koagulasi–flokulasi menggunakan koagulan tawas dan PAC terbukti efektif dalam meningkatkan kualitas air dengan menurunkan parameter kekeruhan (turbiditas) dan TSS. Hasil pengujian menunjukkan bahwa peningkatan dosis koagulan memberikan pengaruh terhadap efisiensi penurunan turbiditas dan TSS hingga mencapai dosis optimum. Dosis koagulan optimum diperoleh pada konsentrasi 30 mg/L, dimana efisiensi penurunan turbiditas mencapai sekitar 78% untuk tawas dan 85% untuk PAC. Hasil ini menunjukkan bahwa PAC memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan tawas dalam proses koagulasi karena kemampuannya membentuk flok yang lebih besar dan stabil sehingga partikel koloid dalam air dapat lebih mudah diendapkan.

Selain itu, parameter pH menunjukkan sedikit penurunan seiring dengan peningkatan dosis koagulan, namun masih berada dalam kisaran netral sehingga tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap kualitas air. Parameter TDS juga tidak mengalami perubahan yang signifikan setelah proses

koagulasi–flokulasi karena metode ini lebih efektif dalam menghilangkan partikel tersuspensi dibandingkan zat terlarut dalam air. Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa pemilihan jenis dan dosis koagulan yang tepat sangat penting untuk memperoleh efisiensi pengolahan air yang optimal, serta menegaskan bahwa PAC dapat menjadi alternatif koagulan yang lebih efektif dibandingkan tawas dalam proses pengolahan air.

## DAFTAR PUSTAKA

- Permenlh. (2009). *Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 28 Tahun 2009 Tentang Daya Tampung Beban Pencemar Air Danau dan/Waduk*, Menteri Negara Lingkungan Hidup.
- Permenlh. (2010). *Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No.01 Tahun 2010 Tentang Tata Laksana Pengendalian Pencemaran Air*, Menteri Negara Lingkungan Hidup.
- Teh, C. Y., Budiman, P. M., Shak, K. P. Y., Wu, T. Y. (2016). *Recent Advancement of Coagulation-Flocculation and Its Application in Wastewater Treatment*. Ind. Eng. Chem. Res. 55, 4363– 4389. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.iecr.5b04703>
- Verma, A. K., Dash, R. R., Bhunia, P. A. (2012). *Review on Chemical Coagulation/Flocculation Technologies for Removal of Colour from Textile Wastewaters*. J. Environ. Manage, 93, 154168. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2011.09.012>
- Xia, W., Liu, J., Yang, H. (2025). *A review on the application of coagulation in algal removal from water*. SCIENTIA SINICA Chimica, 55 (11),3120-



3140. <https://doi.org/10.1360/SSC-2025-0166>
- Chen, H., Uzun, H., Chu, N.T.R., Karanfil, T., Chow, A.T. (2023). *Molecular Transformation of Dissolved Organic Matter during the Processes of Wildfire, Alum Coagulation, and Disinfection Using ESI(−) and ESI(+) FT-ICR MS*. ACS ES&T Water. 3 (8) , 2571-2580. <https://doi.org/10.1021/acsestwater.3c00135>
- Streicher, M., Boyko, V., Blanazs, A. (2023). *Ultra-High-Molecular-Weight, Narrow-Polydispersity Polyacrylamides Synthesized Using Photoiniferter Polymerization to Generate High-Performance Flocculants*. ACS Applied Materials & Interfaces, 15 (50) , 59044-59054. <https://doi.org/10.1021/acsami.3c14483>
- Tonge, A. S., Harbottle, D., Casarin, S., Zervaki, M., Careme, C., Hunter, T. N. (2021). *Coagulated Mineral Adsorbents for Dye Removal, and Their Process Intensification Using an Agitated Tubular Reactor (ATR)*. ChemEngineering, 5, 35. <https://doi.org/10.3390/chemengineering5030035>
- Lourenço, A., Arnold, J., Gamelas, J.A.F., Cayre, O.J., Rasteiro, M.G. (2018). *Anionic Polyelectrolytes Synthesized in an Aromatic-Free-Oils Process for Application as Flocculants in Dairy-Industry-Effluent Treatment*. Industrial & Engineering Chemistry Research, 57 (49), 16884-16896. <https://doi.org/10.1021/acs.iecr.8b03546>
- Agbovi, H.K., Wilson, L.D., Tabil, L.G. (2017). *Biopolymer Flocculants and Oat Hull Biomass To Aid the Removal of Orthophosphate in Wastewater Treatment*. Industrial & Engineering Chemistry Research, 56 (1) , 37-46. <https://doi.org/10.1021/acs.iecr.6b04092>
- Ouadrhiri, F.E., Saleh, E.A.M., Lahkimi, A. (2025). *From Mineral Salts to Smart Hybrids: Coagulation–Flocculation at the Nexus of Water, Energy, and Resources A Critical Review*. Processes , 13 (11) , 3405. <https://doi.org/10.3390/pr13113405>
- Hata, Y., Hiruma, S., Miyazaki, H., Nakamura, S. (2024). *Sequential Approach for Water Purification Using Seashell-Derived Calcium Oxide through Disinfection and Flocculation with Polyphosphate for Chemical Pollutant Removal*. ACS Omega, 9 (11) , 12635-12642. <https://doi.org/10.1021/acsomega.3c07627>
- Hussain, M., Ali, V., Pourebrahimi, S., Ahmadi, S., Ghosh, S. (2023). *Chemical Methods of Heavy Metal Management: Coagulation, Flocculation, and Floatation*, Heavy Metals in the Environment: Management Strategies for Global Pollution, 1456, 297-312. <https://doi.org/10.1021/bk-2023-1456.ch015>
- Tran, N.N., Escribà-Gelonch, M., Sarafriz, M.M., Pho, Q.H., Sagadevan, S., Hessel, V. (2023). *Process Technology and Sustainability Assessment of Wastewater Treatment*. Industrial

- & Engineering Chemistry Research, 62 (3) , 1195-1214. <https://doi.org/10.1021/acs.iecr.2c03471>
- Li, Z., Wang, P., Ye, C., Luo, J., Zhang, Y., Chu, W. (2026). *Simultaneous removal of fluoride and disinfection by-product precursors through Zr salt enhanced coagulation*. Journal of Environmental Sciences, 163 , 575-583. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2025.06.024>
- Ranganath, S.P., Kurian, R., Torris, A., Khairnar, A., Ravindranathan, S., Rajamohanam, P.R., Badiger, M.V., Wolf, B.A. (2026). *Insight Into the Influence of Salinity on Flow and Flocculation Behavior of Acrylamide-Based Cationic Polyelectrolyte*. Journal of Applied Polymer Science, 143 (11) <https://doi.org/10.1002/app.70219>
- Xia, G., Ma, L., Xu, J., Zhao, C. (2026). *Unveiling the mystery of novel renewable biocarbon-driven coagulation for efficient removal of heavy metal: Similarities and differences*. Separation and Purification Technology, 385 , 136456. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2025.136456>
- Fezzani, B. (2026). *Effective Treatment of Highly Alkaline Paper Industry Wastewater by Coagulation-Flocculation Process Without pH Adjustment*. Water, Air, & Soil Pollution, 237 (4) <https://doi.org/10.1007/s11270-025-08693-6>
- Kisaoglan, B., Chang, K., Gagliano, M.C., Rijnaarts, H.H.M., Sudmalis, D. (2025). *Production of EPS-flocculants from glycerol-rich synthetic wastewater: The influence of inoculum and process parameters*. Journal of Environmental Chemical Engineering, 13 (6) , 120070. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2025.120070>
- Boshomane, M., Moganedi, K., Maliehe, T.S., Selepe, C.T., Mongalo, N.I., Selepe, T.N. (2025). *Characterisation, Flocculation Efficiencies and Mechanisms of Bioflocculants Derived from Klebsiella pneumoniae and Meyerozyma guilliermondii*. Polymers, 17 (23) , 3155. <https://doi.org/10.3390/polym17233155>
- Randhawa, K.S. (2025). *Microplastics removal by coagulation: cutting-edge coagulants and coagulation processes*. Pigment & Resin Technology, 54 (6) , 933-957. <https://doi.org/10.1108/PRT-07-2024-0070>