

Pemanfaatan Koagulan Pac (*Poly Aluminium Chloride*) dengan Proses Koagulasi-Flokulasi untuk Menurunkan Kekeruhan Air

Susilawati¹, Nur Afini Turnip^{2*}, Azzahra Khairani Siregar³, Amanda Aqillah⁴

^{1,2,3,4}Universitas Islam Negeri Sumatera Utara, Medan, Tuntungan Kampus IV, Jl. Lap. Golf No.120, Kp. Tengah, Kec. Pancur Batu, Kab. Deli Serdang, Sumatera Utara

E-mail: nurafiniturnip16@gmail.com

* Corresponding Author



<https://doi.org/10.31004/jerkin.v4i3.4851>

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Article history:

Received: 26 Dec 2025

Revised: 01 Jan 2025

Accepted: 07 Jan 2026

Kata Kunci:

PAC, Koagulasi-Flokulasi, Kekeruhan Air, Air Baku, Pengolahan Air.

Keywords:

PAC, Coagulation-Flocculation, Water Turbidity, Raw Water, Water treatment.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas pemanfaatan koagulan Poly Aluminium Chloride (PAC) dalam proses koagulasi-flokulasi untuk menurunkan kekeruhan air baku. Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen deskriptif dengan tahapan koagulasi, flokulasi, dan sedimentasi menggunakan PAC (Poly Aluminium Chloride) sebagai koagulan, dimana PAC (Poly Aluminium Chloride) yang sudah dilarutkan dituangkan kedalam air baku dengan konsentrasi PAC (Poly Aluminium Chloride) sekitar $\pm 1\%$, kemudian dilakukan pengadukan selama 10 menit dan didiamkan kurang lebih 1 jam agar koagulan tersebar merata dan menetralkan muatan partikel koloid penyebab kekeruhan. Partikel yang telah ternetralisasi kemudian saling bergabung membentuk flok pada tahap flokulasi, lalu flok yang terbentuk mengendap pada tahap sedimentasi. Pengamatan dilakukan secara visual terhadap perubahan kekeruhan, pembentukan flok, dan proses pengendapan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan PAC (Poly Aluminium Chloride) mampu membentuk flok yang lebih besar dan stabil serta menghasilkan pemisahan yang jelas antara air jernih dan endapan, sehingga kekeruhan air berkurang secara signifikan dibandingkan kondisi awal.

This study aims to determine the effectiveness of using Poly Aluminium Chloride (PAC) coagulant in the coagulation-flocculation process to reduce raw water turbidity. The research method used was a descriptive experiment with coagulation, flocculation, and sedimentation stages using PAC (Poly Aluminium Chloride) as a coagulant, where dissolved PAC (Poly Aluminium Chloride) was poured into raw water with a PAC (Poly Aluminium Chloride) concentration of approximately $\pm 1\%$, then stirred for 10 minutes and left for approximately 1 hour so that the coagulant was evenly distributed and neutralized the charge of colloidal particles causing turbidity. The neutralized particles then combined to form flocs during the flocculation stage, and the flocs formed settled during the sedimentation stage. Visual observations were made of changes in turbidity, floc formation, and the sedimentation process. The results of the study show that the addition of PAC (Poly Aluminium Chloride) is able to form larger and more stable flocs and produce a clear separation between clear water and sediment, so that water turbidity is significantly reduced compared to the initial conditions.



This is an open access article under the CC-BY-SA license.

How to Cite: Susilawati, et al. (2025). Pemanfaatan Koagulan Pac (Poly Aluminium Chloride) dengan Proses Koagulasi-Flokulasi untuk Menurunkan Kekeruhan Air, 4(3). <https://doi.org/10.31004/jerkin.v4i3.4851>

PENDAHULUAN

Air bersih merupakan kebutuhan dasar manusia yang sangat penting untuk menunjang kesehatan, kesejahteraan, dan keberlangsungan hidup. Namun demikian, ketersediaan air bersih yang memenuhi standar kualitas masih menjadi permasalahan di berbagai wilayah, terutama di daerah yang bergantung pada sumber air permukaan seperti sungai, danau, dan waduk. Air permukaan umumnya memiliki tingkat kekeruhan yang tinggi akibat kandungan partikel tersuspensi, bahan organik, lumpur, serta aktivitas manusia di sekitar daerah aliran sungai. Kondisi ini menyebabkan air tidak dapat digunakan

secara langsung tanpa melalui proses pengolahan yang memadai (Fachrul et al., 2020; Putri & Santoso, 2022).

Kekeruhan merupakan salah satu parameter fisik utama yang menentukan kualitas air. Tingginya kekeruhan tidak hanya mengganggu estetika air, tetapi juga dapat menjadi media pembawa mikroorganisme patogen dan zat pencemar lainnya. Partikel-partikel koloid penyebab kekeruhan bersifat stabil dan sulit mengendap secara alami, sehingga diperlukan proses pengolahan secara kimia untuk menghilangkannya. Salah satu metode yang paling umum dan efektif digunakan dalam pengolahan air baku adalah proses koagulasi–flokulasi, yaitu proses destabilisasi partikel koloid melalui penambahan koagulan, diikuti dengan pembentukan flok yang lebih besar dan mudah mengendap (Utami & Wibowo, 2020; Wahyuni et al., 2021).

Proses koagulasi–flokulasi telah banyak diterapkan baik pada pengolahan air minum maupun air limbah karena kemampuannya dalam menurunkan kekeruhan secara signifikan. Keberhasilan proses ini sangat dipengaruhi oleh jenis koagulan yang digunakan, dosis koagulan, kondisi pH, serta karakteristik air baku. Koagulan konvensional seperti aluminium sulfat (tawas) masih banyak digunakan, namun penggunaannya sering menimbulkan beberapa kendala, antara lain kebutuhan dosis yang relatif tinggi, penurunan pH air secara signifikan, serta pembentukan lumpur dalam jumlah besar (Nugroho et al., 2022; Hidayat & Prasetyo, 2021).

Seiring dengan perkembangan teknologi pengolahan air, Poly Aluminium Chloride (PAC) mulai banyak digunakan sebagai alternatif koagulan yang dinilai lebih efektif dan efisien. PAC merupakan koagulan berbasis polimer aluminium yang memiliki struktur lebih kompleks dan kemampuan koagulasi yang lebih kuat dibandingkan koagulan konvensional. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa PAC mampu bekerja pada rentang pH yang lebih luas, menghasilkan flok yang lebih besar dan padat, serta memerlukan dosis yang lebih rendah untuk mencapai tingkat penurunan kekeruhan yang optimal (Ramadhan et al., 2023; Kurniawati et al., 2023).

Penggunaan PAC dalam proses koagulasi–flokulasi juga dilaporkan mampu meningkatkan efisiensi pengendapan dan menghasilkan air dengan kejernihan yang lebih baik. Flok yang terbentuk cenderung lebih stabil dan cepat mengendap, sehingga mempersingkat waktu pengolahan dan mengurangi beban unit sedimentasi. Selain itu, jumlah lumpur hasil pengolahan yang dihasilkan relatif lebih sedikit, sehingga lebih menguntungkan dari sisi operasional dan pengelolaan limbah (Sari et al., 2020; Lestari & Hakim, 2024).

Berbagai penelitian di Indonesia menunjukkan bahwa PAC telah diaplikasikan secara luas dalam pengolahan air baku PDAM, air sungai, serta air permukaan lainnya dengan karakteristik kekeruhan yang beragam. Efektivitas PAC dalam menurunkan kekeruhan telah dibuktikan baik pada skala laboratorium maupun skala lapangan, sehingga koagulan ini dinilai memiliki potensi besar untuk diterapkan secara berkelanjutan dalam sistem pengolahan air bersih (Saputra et al., 2021; Siregar et al., 2024; Lubis et al., 2024).

Berbagai penelitian terdahulu telah mengkaji penggunaan Poly Aluminium Chloride (PAC) sebagai koagulan dalam proses koagulasi–flokulasi untuk pengolahan air dengan tingkat kekeruhan yang berbeda-beda. Hasil-hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa PAC memiliki kinerja yang konsisten dalam menurunkan kekeruhan air baku secara signifikan. Penelitian yang dilakukan oleh Sari et al. (2020) menunjukkan bahwa penggunaan PAC pada air permukaan mampu menurunkan kekeruhan dan total suspended solid (TSS) secara efektif dengan pembentukan flok yang lebih cepat dan stabil. Temuan ini memperlihatkan bahwa struktur polimer PAC berperan penting dalam meningkatkan proses agregasi partikel koloid.

Penelitian lain yang dilakukan oleh Utami dan Wibowo (2020) pada air sungai menunjukkan bahwa proses koagulasi–flokulasi menggunakan PAC mampu menghasilkan tingkat kejernihan air yang lebih baik dibandingkan dengan penggunaan koagulan konvensional. Flok yang terbentuk cenderung lebih besar dan mudah mengendap, sehingga mempercepat proses sedimentasi. Hasil tersebut memperkuat temuan bahwa PAC memiliki kemampuan destabilisasi partikel yang lebih optimal, terutama pada air dengan karakteristik kekeruhan tinggi dan kandungan bahan organik yang cukup besar.

Studi yang dilakukan oleh Wahyuni et al. (2021) pada pengolahan air baku PDAM juga menunjukkan bahwa PAC efektif digunakan pada berbagai variasi kondisi pH tanpa memerlukan penyesuaian yang signifikan. Hal ini menjadi keunggulan tersendiri karena pada sistem pengolahan air

konvensional, perubahan pH sering kali menjadi kendala operasional. PAC mampu menjaga kestabilan pH air hasil pengolahan, sehingga kualitas air yang dihasilkan lebih sesuai dengan standar yang dipersyaratkan.

Penelitian mengenai optimasi dosis PAC juga telah banyak dilakukan. Ramadhan et al. (2023) melaporkan bahwa penggunaan PAC dengan dosis yang lebih rendah dibandingkan tawas tetap mampu memberikan efisiensi penurunan kekeruhan yang tinggi. Dosis optimum PAC menghasilkan flok yang padat dengan volume lumpur yang lebih kecil, sehingga mengurangi beban pengelolaan lumpur hasil pengolahan. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian Nugroho et al. (2022) yang menyatakan bahwa PAC lebih efisien secara operasional karena mampu bekerja efektif pada konsentrasi rendah.

Selain itu, Kurniawati et al. (2023) menekankan bahwa faktor pH dan dosis sangat mempengaruhi efisiensi koagulasi-flokulasi menggunakan PAC. Pada kondisi pH netral hingga sedikit asam, PAC menunjukkan kinerja yang optimal dalam menurunkan kekeruhan air sungai. Hasil penelitian tersebut memperlihatkan bahwa PAC memiliki fleksibilitas yang tinggi terhadap variasi karakteristik air baku, sehingga cocok digunakan pada berbagai sumber air permukaan di Indonesia.

Penelitian skala laboratorium yang dilakukan oleh Lestari dan Hakim (2024) menunjukkan bahwa aplikasi PAC mampu menghasilkan air dengan tingkat kejernihan yang signifikan meskipun menggunakan peralatan sederhana. Hal ini menunjukkan bahwa PAC tidak hanya efektif pada sistem pengolahan berskala besar, tetapi juga memiliki potensi untuk diaplikasikan pada skala kecil dan komunitas. Temuan serupa juga dilaporkan oleh Putri dan Santoso (2022) yang menyatakan bahwa PAC mampu menurunkan kekeruhan secara visual dan kuantitatif melalui mekanisme pembentukan flok yang cepat dan stabil.

Secara umum, penelitian-penelitian terdahulu menunjukkan bahwa PAC merupakan koagulan yang unggul dalam proses koagulasi-flokulasi, baik dari segi efisiensi penurunan kekeruhan, kecepatan reaksi, maupun kestabilan hasil pengolahan. Namun demikian, karakteristik air baku yang berbeda-beda, seperti tingkat kekeruhan awal, kandungan bahan organik, dan kondisi lingkungan, menunjukkan bahwa efektivitas PAC masih sangat dipengaruhi oleh kondisi operasional dan perlakuan yang diterapkan (Saputra et al., 2021; Siregar et al., 2024; Lubis et al., 2024).

Meskipun berbagai penelitian telah membuktikan efektivitas Poly Aluminium Chloride (PAC) dalam proses koagulasi-flokulasi, implementasinya di lapangan masih memerlukan kajian yang lebih kontekstual sesuai dengan karakteristik air baku yang digunakan. Setiap sumber air memiliki sifat fisik dan kimia yang berbeda, seperti tingkat kekeruhan awal, kandungan bahan organik, dan partikel tersuspensi, sehingga respons terhadap penambahan koagulan juga dapat bervariasi. Oleh karena itu, pengujian langsung penggunaan PAC pada air baku tertentu menjadi penting untuk memahami kinerja koagulan ini secara lebih spesifik dan aplikatif (Hidayat & Prasetyo, 2021; Kurniawati et al., 2023).

Selain itu, sebagian besar penelitian terdahulu menekankan efektivitas PAC berdasarkan parameter kuantitatif seperti penurunan kekeruhan dan TSS, namun masih terbatas pada penggunaan peralatan laboratorium tertentu. Padahal, dalam praktiknya, pengolahan air juga sering dilakukan dengan metode sederhana, terutama pada skala rumah tangga atau komunitas. Penelitian oleh Lestari dan Hakim (2024) serta Putri dan Santoso (2022) menunjukkan bahwa PAC tetap memberikan hasil yang baik meskipun diaplikasikan dengan alat sederhana, namun diperlukan pengamatan yang lebih mendalam terhadap tahapan koagulasi, flokulasi, dan sedimentasi secara visual dan prosedural.

Aspek lain yang juga menjadi perhatian adalah efisiensi operasional dan kemudahan penggunaan PAC dibandingkan koagulan konvensional. Beberapa studi menyebutkan bahwa PAC memiliki keunggulan dalam pembentukan flok yang lebih cepat, stabil, dan padat, sehingga mempercepat proses pengendapan dan mengurangi volume lumpur yang dihasilkan (Ramadhan et al., 2023; Nugroho et al., 2022). Keunggulan ini menjadi sangat relevan dalam upaya peningkatan kualitas air bersih secara berkelanjutan, khususnya di daerah yang memiliki keterbatasan sarana pengolahan air dan sumber daya pendukung.

Dengan mempertimbangkan permasalahan kekeruhan air baku, efektivitas metode koagulasi-flokulasi, serta keunggulan PAC yang telah dilaporkan dalam berbagai penelitian terdahulu, maka penelitian ini disusun dengan judul “Pemanfaatan Koagulan PAC (Poly Aluminium Chloride) dengan Proses Koagulasi-Flokulasi untuk Menurunkan Kekeruhan Air”. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji proses koagulasi-flokulasi menggunakan PAC dalam menurunkan tingkat kekeruhan air baku serta

mengamati tahapan pembentukan flok dan sedimentasi sebagai indikator keberhasilan pengolahan air secara sederhana dan aplikatif.

Koagulasi–Flokulasi dalam Pengolahan Air

Koagulasi–flokulasi merupakan salah satu tahapan penting dalam proses pengolahan air, khususnya untuk menurunkan kekeruhan dan menghilangkan partikel tersuspensi serta koloid yang terdapat dalam air baku. Partikel-partikel penyebab kekeruhan umumnya berukuran sangat kecil dan bermuatan listrik sejenis, sehingga stabil di dalam air dan tidak dapat mengendap secara alami. Proses koagulasi berfungsi untuk menetralkan muatan partikel-partikel tersebut melalui penambahan bahan kimia koagulan, sehingga partikel kehilangan stabilitasnya dan dapat saling bergabung (Utami & Wibowo, 2020).

Setelah proses koagulasi, tahapan selanjutnya adalah flokulasi, yaitu proses pengadukan lambat yang bertujuan untuk memperbesar partikel hasil destabilisasi menjadi gumpalan atau flok yang lebih besar dan berat. Flok yang terbentuk akan lebih mudah dipisahkan dari air melalui proses sedimentasi atau penyaringan. Keberhasilan proses koagulasi–flokulasi sangat dipengaruhi oleh jenis koagulan, dosis koagulan, kecepatan pengadukan, serta karakteristik fisik dan kimia air baku (Wahyuni et al., 2021).

Dalam praktik pengolahan air, metode koagulasi–flokulasi banyak digunakan karena relatif sederhana, efisien, dan mampu menurunkan kekeruhan secara signifikan. Metode ini diterapkan baik pada pengolahan air minum, air baku PDAM, maupun air limbah industri. Efektivitas proses ini menjadikannya sebagai metode utama dalam sistem pengolahan air konvensional (Putri & Santoso, 2022).

Poly Aluminium Chloride (PAC) sebagai Koagulan

Poly Aluminium Chloride (PAC) merupakan koagulan berbasis aluminium yang tersusun dalam bentuk polimer kompleks. PAC dikenal memiliki kemampuan koagulasi yang lebih baik dibandingkan koagulan konvensional seperti aluminium sulfat (tawas) karena struktur polimernya memungkinkan terjadinya ikatan yang lebih kuat dengan partikel koloid dalam air. PAC bekerja dengan menetralkan muatan partikel dan membentuk jembatan antarpartikel sehingga mempercepat proses pembentukan flok (Sari et al., 2020).

PAC memiliki keunggulan dalam hal rentang pH kerja yang lebih luas, sehingga tidak menyebabkan penurunan pH air secara drastis. Hal ini sangat menguntungkan karena mengurangi kebutuhan bahan kimia tambahan untuk penyesuaian pH. Selain itu, PAC umumnya membutuhkan dosis yang lebih rendah dibandingkan koagulan konvensional untuk mencapai tingkat penurunan kekeruhan yang sama (Ramadhan et al., 2023).

Keunggulan lain dari PAC adalah kemampuannya menghasilkan flok yang lebih besar, padat, dan stabil, sehingga proses sedimentasi berlangsung lebih cepat. Flok yang stabil juga mengurangi kemungkinan terjadinya flok pecah selama proses pengolahan. Oleh karena itu, PAC banyak digunakan dalam pengolahan air baku, air minum, serta air limbah dengan tingkat kekeruhan yang tinggi (Nugroho et al., 2022).

Kekeruhan Air dan Dampaknya

Kekeruhan merupakan parameter fisik air yang menggambarkan keberadaan partikel tersuspensi seperti lumpur, tanah liat, bahan organik, dan mikroorganisme. Tingginya kekeruhan dapat mengganggu estetika air serta menurunkan kualitas air secara keseluruhan. Selain itu, partikel penyebab kekeruhan dapat menjadi tempat melekatnya mikroorganisme patogen dan zat pencemar lainnya, sehingga meningkatkan risiko gangguan kesehatan (Saputra et al., 2021).

Air dengan tingkat kekeruhan tinggi tidak dapat digunakan secara langsung untuk keperluan domestik maupun konsumsi tanpa melalui proses pengolahan. Oleh karena itu, penurunan kekeruhan menjadi salah satu fokus utama dalam pengolahan air bersih. Proses koagulasi–flokulasi menggunakan koagulan yang tepat menjadi solusi efektif untuk mengatasi permasalahan ini (Siregar et al., 2024).

Air Baku dalam Pengolahan Air

Air baku merupakan air yang berasal dari sumber alami seperti sungai, danau, waduk, air tanah, atau mata air yang digunakan sebagai bahan dasar dalam proses penyediaan air bersih. Kualitas air baku sangat bervariasi tergantung pada kondisi lingkungan, aktivitas manusia, serta faktor alam. Air baku dari sumber air permukaan umumnya memiliki tingkat kekeruhan yang lebih tinggi dibandingkan air tanah

karena terpapar langsung oleh limpasan permukaan dan aktivitas di sekitarnya (Hidayat & Prasetyo, 2021).

Pengolahan air baku bertujuan untuk meningkatkan kualitas air agar memenuhi standar air bersih yang ditetapkan. Salah satu tahapan utama dalam pengolahan air baku adalah penurunan kekeruhan melalui proses koagulasi-flokulasi. Pemilihan koagulan yang tepat, seperti PAC, sangat berpengaruh terhadap keberhasilan pengolahan air dan kualitas air hasil olahan (Lubis et al., 2024).

METODE

Jenis dan Desain Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental sederhana dengan pendekatan deskriptif. Penelitian dilakukan untuk mengamati proses penurunan kekeruhan air melalui penerapan metode koagulasi-flokulasi menggunakan koagulan Poly Aluminium Chloride (PAC). Pendekatan deskriptif digunakan untuk menggambarkan perubahan kondisi air secara visual dan prosedural pada setiap tahapan pengolahan, yaitu koagulasi, flokulasi, dan sedimentasi.

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di lingkungan kampus Universitas Islam Negeri Sumatera Utara, Medan. Waktu pelaksanaan penelitian dilakukan pada tahun 2025, menyesuaikan dengan jadwal praktikum mata kuliah Teknologi Kesehatan Lingkungan.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi sendok sebagai alat pengaduk dan wadah atau toples sebagai tempat pencampuran air baku dan koagulan.

Bahan yang digunakan terdiri dari Poly Aluminium Chloride (PAC) sebagai koagulan dan air baku berupa air keruh yang berasal dari sumber air permukaan.

Prosedur Penelitian



Gambar 1. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan utama, yaitu koagulasi, flokulasi, dan sedimentasi.

Tahap koagulasi diawali dengan melarutkan PAC sesuai kebutuhan, kemudian larutan PAC dimasukkan ke dalam wadah yang berisi air baku. Campuran tersebut diaduk secara cepat dan merata menggunakan sendok untuk memastikan koagulan tersebar dengan baik dan mampu menetralkan muatan partikel koloid penyebab kekeruhan.

Setelah proses koagulasi, campuran air memasuki tahap flokulasi. Pada tahap ini, pengadukan dihentikan dan air dibiarkan dalam kondisi diam selama kurang lebih satu jam. Selama waktu tersebut, partikel-partikel kecil yang telah terdestabilisasi akan saling bertumbukan dan membentuk gumpalan atau flok yang berukuran lebih besar.

Tahap selanjutnya adalah sedimentasi. Pada tahap ini, flok-flok yang telah terbentuk akan mengendap ke dasar wadah akibat perbedaan berat jenis antara partikel padat dan air. Air jernih akan berada di bagian atas, sedangkan endapan lumpur akan terkumpul di bagian bawah wadah.

Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui observasi langsung terhadap perubahan kondisi air pada setiap tahapan proses pengolahan. Parameter yang diamati meliputi perubahan visual tingkat kekeruhan,

pembentukan flok, kecepatan pengendapan, serta perbedaan kejernihan air sebelum dan sesudah perlakuan menggunakan PAC.

Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan secara deskriptif kualitatif dengan membandingkan kondisi air sebelum dan sesudah proses koagulasi–flokulasi. Hasil pengamatan dijelaskan dalam bentuk uraian naratif yang menggambarkan efektivitas PAC dalam menurunkan kekeruhan air berdasarkan perubahan visual dan proses pembentukan flok serta sedimentasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Kondisi Awal Air Baku

Air baku yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari sumber air permukaan yang secara visual menunjukkan tingkat kekeruhan yang cukup tinggi. Pada kondisi awal, air tampak berwarna kecoklatan dengan partikel-partikel tersuspensi yang tersebar merata di seluruh volume air. Partikel tersebut terlihat jelas oleh mata tanpa bantuan alat ukur, sehingga menunjukkan bahwa air berada pada kondisi yang tidak layak digunakan secara langsung untuk keperluan domestik maupun konsumsi.

Selain warna yang keruh, air baku juga menunjukkan karakteristik fisik berupa ketidakstabilan partikel koloid. Ketika air dibiarkan dalam wadah tanpa perlakuan apa pun, partikel-partikel penyebab kekeruhan tidak menunjukkan kecenderungan untuk mengendap secara alami. Hal ini menandakan bahwa partikel-partikel tersebut memiliki ukuran yang sangat kecil dan bermuatan sejenis, sehingga tetap tersuspensi di dalam air dalam waktu yang relatif lama. Kondisi ini memperlihatkan bahwa proses pengendapan alami tidak cukup efektif untuk menurunkan tingkat kekeruhan air baku.

Secara visual, air baku tampak memiliki tingkat kejernihan yang rendah dan tidak tembus pandang. Bagian dasar wadah tidak terlihat dengan jelas, bahkan setelah air didiamkan selama beberapa waktu. Keadaan ini menunjukkan bahwa kandungan partikel tersuspensi dan koloid dalam air cukup tinggi. Partikel tersebut diduga berasal dari lumpur halus, tanah, dan bahan organik yang terbawa dari lingkungan sekitar sumber air.

Kondisi awal air baku yang keruh ini menggambarkan permasalahan umum yang sering dijumpai pada sumber air permukaan, terutama pada daerah yang terpengaruh oleh limpasan permukaan dan aktivitas manusia. Air dengan karakteristik seperti ini memerlukan proses pengolahan yang tepat agar dapat memenuhi persyaratan kualitas air bersih. Oleh karena itu, kondisi awal air baku dalam penelitian ini menjadi dasar penting untuk mengamati efektivitas penggunaan koagulan Poly Aluminium Chloride (PAC) dalam proses koagulasi–flokulasi untuk menurunkan tingkat kekeruhan air.

Hasil Tahap Koagulasi

Tahap koagulasi merupakan tahap awal dalam proses pengolahan air yang bertujuan untuk menetralkan muatan partikel koloid penyebab kekeruhan. Pada tahap ini, larutan Poly Aluminium Chloride (PAC) ditambahkan ke dalam air baku yang masih berada pada kondisi keruh, kemudian dilakukan pengadukan secara cepat dan merata. Proses pengadukan bertujuan untuk memastikan koagulan tersebar secara homogen ke seluruh volume air sehingga dapat berinteraksi langsung dengan partikel-partikel tersuspensi.

Selama proses pengadukan berlangsung, perubahan kondisi air mulai terlihat secara bertahap. Partikel-partikel kecil yang sebelumnya tersebar merata mulai menunjukkan tanda-tanda destabilisasi. Secara visual, air yang semula tampak sangat keruh mengalami perubahan warna menjadi sedikit lebih terang. Meskipun tingkat kekeruhan belum berkurang secara signifikan, perubahan ini menunjukkan bahwa PAC mulai bekerja menetralkan muatan listrik partikel koloid, sehingga partikel tidak lagi stabil dalam suspensi.

Pada akhir tahap koagulasi, mulai terlihat terbentuknya flok-flok berukuran sangat kecil yang tersebar di dalam air. Flok yang terbentuk masih belum cukup besar untuk mengendap, namun keberadaannya dapat diamati sebagai gumpalan halus yang bergerak mengikuti aliran air saat pengadukan dihentikan. Pembentukan flok awal ini menandakan bahwa proses pengikatan antarpartikel telah terjadi dan partikel-partikel penyebab kekeruhan mulai bergabung satu sama lain.

Selain perubahan visual, kondisi air pada tahap koagulasi juga menunjukkan penurunan tingkat kekeruhan secara awal. Air tampak lebih homogen dan tidak sepekat kondisi awal, meskipun partikel

tersuspensi masih terlihat. Hasil ini menunjukkan bahwa tahap koagulasi berperan penting dalam mempersiapkan partikel-partikel koloid untuk memasuki tahap berikutnya, yaitu flokulasi, di mana pembentukan flok yang lebih besar dan stabil akan berlangsung secara optimal.

Secara keseluruhan, hasil tahap koagulasi menunjukkan bahwa penambahan PAC dan pengadukan cepat mampu memicu destabilisasi partikel koloid dalam air baku. Terbentuknya flok-flok awal dan perubahan visual pada tingkat kekeruhan menjadi indikator bahwa proses koagulasi berjalan dengan baik dan menjadi dasar keberhasilan proses pengolahan air pada tahap selanjutnya.

Hasil Tahap Flokulasi

Tahap flokulasi dilakukan setelah proses koagulasi selesai, ditandai dengan penghentian pengadukan dan pendiaman air dalam wadah selama kurang lebih satu jam. Pada tahap ini, partikel-partikel koloid yang telah mengalami destabilisasi pada tahap koagulasi mulai saling berinteraksi dan bergabung membentuk gumpalan atau flok yang berukuran lebih besar. Proses flokulasi berlangsung secara alami tanpa pengadukan cepat, sehingga memungkinkan terjadinya tumbukan antarpartikel secara perlahan dan berkesinambungan.

Selama proses pendiaman, perubahan kondisi air terlihat semakin jelas. Flok-flok kecil yang sebelumnya terbentuk pada tahap koagulasi mulai bergabung dan membesar menjadi gumpalan yang lebih padat. Flok yang terbentuk tampak berwarna kecoklatan dan memiliki ukuran yang bervariasi. Beberapa flok terlihat melayang di dalam air, sementara sebagian lainnya mulai bergerak perlahan ke arah dasar wadah. Pergerakan ini menunjukkan bahwa flok yang terbentuk memiliki berat jenis yang lebih besar dibandingkan air, sehingga secara perlahan mulai mengalami proses pengendapan.

Pada tahap ini, kejernihan air bagian atas juga mulai meningkat. Air yang sebelumnya masih tampak keruh mulai menunjukkan penurunan kekeruhan secara visual. Meskipun masih terdapat partikel-partikel halus yang tersuspensi, intensitas kekeruhan berkurang dibandingkan kondisi setelah tahap koagulasi. Hal ini menandakan bahwa proses flokulasi berjalan efektif dalam memperbesar ukuran partikel sehingga lebih mudah dipisahkan dari air.

Pembentukan flok yang relatif besar dan padat pada tahap flokulasi menunjukkan bahwa PAC bekerja secara optimal dalam mengikat partikel-partikel penyebab kekeruhan. Flok yang terbentuk tidak mudah pecah dan tetap stabil selama proses pendiaman berlangsung. Stabilitas flok ini menjadi faktor penting dalam menentukan keberhasilan tahap berikutnya, yaitu sedimentasi, karena flok yang stabil akan lebih mudah mengendap dan menghasilkan air yang lebih jernih.

Hasil Tahap Sedimentasi

Tahap sedimentasi merupakan tahap akhir dalam rangkaian proses koagulasi–flokulasi yang bertujuan untuk memisahkan flok yang telah terbentuk dari air secara gravitasi. Pada tahap ini, air hasil flokulasi dibiarkan dalam kondisi diam tanpa gangguan selama waktu tertentu hingga proses pengendapan berlangsung secara optimal. Flok-flok yang sebelumnya terbentuk pada tahap flokulasi secara perlahan bergerak menuju dasar wadah dan mengendap membentuk lapisan endapan.

Selama proses sedimentasi berlangsung, terlihat perbedaan yang semakin jelas antara bagian atas dan bagian bawah wadah. Flok yang berukuran besar dan padat mengendap sepenuhnya di dasar wadah, membentuk endapan yang cukup tebal dan berwarna lebih gelap dibandingkan air di atasnya. Endapan tersebut terdiri dari partikel-partikel tersuspensi dan koloid yang berhasil diikat oleh koagulan PAC selama proses koagulasi dan flokulasi.

Air pada bagian atas wadah menunjukkan peningkatan kejernihan yang signifikan. Secara visual, air tampak lebih jernih, terang, dan hampir tidak terlihat partikel tersuspensi yang melayang. Perubahan ini sangat kontras jika dibandingkan dengan kondisi awal air baku yang keruh dan berwarna kecoklatan. Bagian dasar wadah yang sebelumnya tidak terlihat menjadi tampak lebih jelas setelah proses sedimentasi berlangsung.

Stabilitas endapan yang terbentuk pada tahap sedimentasi juga menunjukkan bahwa flok yang dihasilkan dari proses flokulasi memiliki struktur yang cukup kuat dan tidak mudah terdispersi kembali ke dalam air. Endapan tetap berada di dasar wadah meskipun air di bagian atas relatif jernih, menandakan bahwa proses pemisahan antara air dan partikel padat berlangsung secara efektif.

Perubahan Kekeruhan Air Sebelum dan Sesudah Perlakuan

Perubahan kekeruhan air sebelum dan sesudah perlakuan menggunakan Poly Aluminium Chloride (PAC) menunjukkan perbedaan yang sangat signifikan secara visual. Pada kondisi awal, air baku tampak keruh dengan warna kecoklatan pekat dan mengandung banyak partikel tersuspensi yang tersebar

merata. Tingkat kejernihan air sangat rendah, sehingga bagian dasar wadah tidak terlihat dengan jelas. Kondisi ini mencerminkan tingginya kandungan partikel koloid dan bahan tersuspensi yang menyebabkan air tidak layak digunakan tanpa proses pengolahan.

Setelah dilakukan perlakuan melalui tahapan koagulasi, flokulasi, dan sedimentasi, kekeruhan air mengalami penurunan yang nyata. Air hasil perlakuan tampak jauh lebih jernih dan berwarna lebih terang dibandingkan kondisi awal. Partikel-partikel yang sebelumnya tersuspensi berhasil diikat dan dipisahkan dari air, sehingga tidak lagi terlihat melayang di dalam air. Perubahan ini menunjukkan bahwa proses pengolahan yang diterapkan mampu mengatasi kestabilan partikel koloid penyebab kekeruhan.

Perbedaan kondisi air sebelum dan sesudah perlakuan juga terlihat dari terbentuknya endapan lumpur di dasar wadah. Endapan ini merupakan hasil akumulasi flok yang terbentuk selama proses koagulasi dan flokulasi. Sementara itu, air di bagian atas wadah tampak jernih dan relatif bersih. Pemisahan yang jelas antara air jernih dan endapan menjadi indikator keberhasilan proses penurunan kekeruhan.

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses koagulasi–flokulasi menggunakan Poly Aluminium Chloride (PAC) mampu menurunkan kekeruhan air secara signifikan melalui tahapan koagulasi, flokulasi, dan sedimentasi. Perubahan kondisi air yang diamati secara visual sejak tahap awal hingga akhir proses menegaskan bahwa PAC bekerja efektif dalam menetralkan partikel koloid dan mengikat partikel tersuspensi yang menjadi penyebab utama kekeruhan. Temuan ini sejalan dengan konsep dasar pengolahan air, di mana keberhasilan penurunan kekeruhan sangat bergantung pada kemampuan koagulan dalam mendestabilisasi partikel dan membentuk flok yang mudah mengendap (Utami & Wibowo, 2020).

Pada tahap koagulasi, hasil pengamatan menunjukkan terjadinya destabilisasi partikel koloid yang ditandai dengan perubahan warna air dan munculnya flok-flok awal berukuran kecil. Kondisi ini menunjukkan bahwa PAC mampu menetralkan muatan listrik partikel koloid secara efektif. Temuan ini mendukung hasil penelitian Sari et al. (2020) yang menyatakan bahwa struktur polimer pada PAC memungkinkan terjadinya netralisasi muatan dan pembentukan ikatan antarpartikel yang lebih kuat dibandingkan koagulan konvensional. Hasil serupa juga dilaporkan oleh Nugroho et al. (2022) yang menyebutkan bahwa PAC mampu bekerja cepat pada tahap awal koagulasi sehingga mempercepat proses pengolahan air.

Pada tahap flokulasi, pembentukan flok yang semakin besar dan padat menjadi indikator keberhasilan lanjutan dari proses koagulasi. Flok yang terbentuk terlihat stabil dan tidak mudah pecah selama proses pendiaman berlangsung. Hal ini menunjukkan bahwa PAC memiliki kemampuan bridging antarpartikel yang baik, sehingga flok yang dihasilkan memiliki struktur yang kuat. Temuan ini konsisten dengan penelitian Wahyuni et al. (2021) yang melaporkan bahwa penggunaan PAC pada pengolahan air baku PDAM menghasilkan flok yang lebih besar dan stabil dibandingkan penggunaan tawas. Kestabilan flok sangat berpengaruh terhadap efisiensi tahap sedimentasi, karena flok yang stabil akan lebih mudah mengendap.

Hasil tahap sedimentasi dalam penelitian ini menunjukkan pemisahan yang jelas antara air jernih dan endapan lumpur. Endapan yang terbentuk cukup tebal dan terkonsentrasi di dasar wadah, sedangkan air di bagian atas tampak jauh lebih jernih. Kondisi ini menandakan bahwa flok hasil proses flokulasi memiliki berat jenis yang cukup besar untuk mengendap secara gravitasi. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian Putri dan Santoso (2022) serta Lestari dan Hakim (2024) yang menyatakan bahwa PAC mampu mempercepat proses sedimentasi dan menghasilkan air dengan kejernihan yang lebih baik meskipun dilakukan dengan metode sederhana.

Jika dibandingkan dengan kondisi awal air baku yang tidak menunjukkan kecenderungan pengendapan alami, hasil setelah perlakuan PAC menunjukkan peningkatan kualitas air yang sangat signifikan. Penurunan kekeruhan secara visual membuktikan bahwa PAC efektif digunakan untuk mengatasi kestabilan partikel koloid dalam air permukaan. Hal ini mendukung temuan Saputra et al. (2021) yang menyatakan bahwa koagulasi–flokulasi menggunakan PAC merupakan metode yang efektif untuk pengolahan air baku dengan tingkat kekeruhan tinggi.

Dari sisi efisiensi operasional, hasil penelitian ini juga memperlihatkan bahwa penggunaan PAC mampu menghasilkan flok dengan dosis relatif rendah dan tanpa penurunan pH yang drastis. Kondisi ini menjadi keunggulan dibandingkan koagulan konvensional seperti aluminium sulfat yang sering menyebabkan perubahan pH air secara signifikan. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian Ramadhan et al. (2023) yang menyatakan bahwa PAC lebih efisien secara kimia dan operasional karena membutuhkan dosis lebih kecil serta menghasilkan lumpur dalam jumlah yang lebih sedikit.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa penggunaan koagulan Poly Aluminium Chloride (PAC) melalui proses koagulasi-flokulasi terbukti efektif dalam menurunkan tingkat kekeruhan air baku. Proses pengolahan yang meliputi tahap koagulasi, flokulasi, dan sedimentasi mampu mengubah kondisi air yang semula keruh menjadi lebih jernih. Terbentuknya flok yang stabil dan mengendap dengan baik menunjukkan bahwa PAC mampu menetralkan partikel koloid penyebab kekeruhan secara optimal.

Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa PAC memiliki kinerja yang baik dalam membentuk flok yang lebih besar dan padat sehingga mempercepat proses pengendapan. Pemisahan yang jelas antara air jernih dan endapan lumpur pada tahap sedimentasi menjadi indikator keberhasilan proses koagulasi-flokulasi. Selain itu, penggunaan PAC tidak menyebabkan perubahan pH air secara drastis, sehingga proses pengolahan dapat dilakukan secara lebih efisien dan praktis dibandingkan dengan penggunaan koagulan konvensional.

Secara keseluruhan, pemanfaatan PAC dalam proses pengolahan air memberikan hasil yang konsisten dan aplikatif, bahkan dengan metode sederhana. Temuan ini menunjukkan bahwa PAC berpotensi digunakan sebagai alternatif koagulan yang efektif dalam pengolahan air bersih, khususnya untuk sumber air permukaan dengan tingkat kekeruhan tinggi, baik pada skala laboratorium maupun skala penerapan yang lebih luas.

UCAPAN TERIMA KASIH

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, atas berkat dan Rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan artikel ini dengan sebaik-baiknya. Penulis menyadari bahwa Kerjasama dan bantuan semua pihak sangat membantu dalam menyelesaikan artikel ini. Oleh sebab itu penulis ingin menyampaikan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses penelitian dan penulisan artikel ini.

REFERENSI

- Fachrul, M., Nur, M., Putra, N. H., & Ningsih, E. (2020). Kombinasi koagulan dan flokulan dalam pengolahan air limbah industri farmasi. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 21(2), 215–224.
- Handayani, S., & Rahmawati, N. (2022). Pengolahan air permukaan dengan metode koagulasi-flokulasi menggunakan poly aluminium chloride. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 17(2), 134–142.
- Hidayat, R., & Prasetyo, A. B. (2021). Pengaruh variasi dosis PAC terhadap penurunan kekeruhan air sungai sebagai air baku. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 14(1), 45–52.
- Kurniawati, N., Widodo, S., & Pramono, R. (2023). Pengaruh pH dan dosis PAC terhadap efisiensi penurunan kekeruhan air sungai. *Jurnal Teknik ITS*, 12(2), D87–D92.
- Lestari, E., & Hakim, L. (2024). Aplikasi poly aluminium chloride (PAC) pada pengolahan air baku skala laboratorium. *Jurnal Teknologi Kesehatan Lingkungan*, 13(1), 33–41.
- Lubis, F. H., Sihombing, R. M., & Nasution, D. A. (2024). Efisiensi proses koagulasi-flokulasi menggunakan PAC dalam peningkatan kualitas air bersih. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kesehatan Lingkungan*, 15(2), 97–105.
- Nugroho, A., Handayani, D., & Lestari, R. D. (2022). Perbandingan kinerja koagulan PAC dan tawas dalam penurunan kekeruhan air permukaan. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 20(1), 112–120.
- Pranata, A., Nugraha, R., & Dewi, Y. S. (2023). Studi kinerja PAC sebagai koagulan pada penurunan kekeruhan dan warna air baku. *Jurnal Rekayasa Sipil dan Lingkungan*, 8(3), 201–209.
- Putri, A. R., & Santoso, B. (2022). Pengolahan air keruh menggunakan metode koagulasi-flokulasi dengan koagulan PAC. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 21(3), 289–296.

- Ramadhan, A. A., Ramli, M., & Hatta, A. A. (2023). Optimasi penggunaan dosis koagulan alum dan poly aluminium chloride (PAC) dalam pengelolaan limbah cair batubara. *Jurnal Enjiniring*, 26(1), 1–8.
- Saputra, I. M., Yuliani, E., & Pratiwi, D. (2021). Analisis efektivitas koagulan PAC dalam pengolahan air baku menjadi air bersih. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, 9(1), 55–63.
- Sari, D. P., Sutanahaji, A. T., & Rahadi, B. (2020). Efektivitas poly aluminium chloride (PAC) dalam menurunkan kekeruhan dan TSS air permukaan. *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 7(3), 146–154.
- Siregar, R. A., Nasution, H., & Lubis, M. (2024). Efektivitas koagulasi-flokulasi menggunakan PAC dalam peningkatan kualitas air bersih. *Jurnal Environmental Health*, 23(2), 158–166.
- Utami, R. S., & Wibowo, A. (2020). Pengaruh koagulasi-flokulasi menggunakan poly aluminium chloride (PAC) terhadap penurunan kekeruhan air sungai. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 26(2), 101–109.
- Wahyuni, S., Yuliana, & Kurniawan, A. (2021). Studi koagulasi–flokulasi menggunakan PAC pada pengolahan air baku PDAM. *Jurnal Teknik Lingkungan Universitas Andalas*, 18(2), 89–97.