

# Penentuan Dosis Koagulan Terbaik pada Proses Koagulasi *Water Treatment Plant Industri* AMDK Menggunakan Pendekatan Six Sigma

Rahmadhany Fitri, Sinardi\*

Program Studi Teknik Kimia, Universitas Fajar, Makassar, Sulawesi Selatan

\*Koresponden email: sinardi@unifa.ac.id<sup>2</sup>

Diterima: 21 Juni 2026

Disetujui: 26 Juni 2026

## Abstract

This study aims to analyze the effect of variations in the dosage of alum and poly aluminum chloride (PAC) coagulants on the effectiveness of the coagulation process in the water treatment plant (WTP) of the bottled drinking water industry (AMDK) and to evaluate the process capability using the Six Sigma approach. The study was conducted using the jar test method with variations in coagulant dosage of 10 mg/L, 20 mg/L, and 30 mg/L. The water quality parameters analyzed included pH, total dissolved solids (TDS), turbidity, Fe, and Mn. The test data were analyzed descriptively, statistically, and the Six Sigma approach through the DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control) stages using the parameters DPMO, sigma level, Cp, and Cpk. The results showed that increasing the coagulant dosage had an effect on decreasing turbidity, Fe, and Mn. The PAC coagulant dosage of 30 mg/L gave the best results with a turbidity value of 0.18 NTU, Fe of 0.015 mg/L, and Mn of 0.009 mg/L. PAC also produces better pH stability than alum due to its hydrolyzed aluminum polymer, which accelerates charge neutralization and forms denser flocs. Based on Six Sigma analysis, the process conditions after optimization showed improved process capability, with a decrease in the DPMO value from 600,000 to 0, and an increase in the Cpk turbidity value to 2.53 and Fe to 1.05. Therefore, the use of PAC at a dosage of 30 mg/L was deemed optimal and capable of improving water quality stability in the AMDK industrial water treatment process.

**Keywords:** *Coagulation, PAC, Turbidity, Six Sigma*

## Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi dosis koagulan *alum* dan *poly aluminium chloride* (PAC) terhadap efektivitas proses koagulasi pada *water treatment plant* (WTP) industri air minum dalam kemasan (AMDK) serta mengevaluasi kapabilitas proses menggunakan pendekatan *Six Sigma*. Penelitian dilakukan menggunakan metode *jar test* dengan variasi dosis koagulan 10 mg/L, 20 mg/L, dan 30 mg/L. Parameter kualitas air yang dianalisis meliputi pH, *total dissolved solids* (TDS), *turbidity*, Fe, dan Mn. Data hasil pengujian dianalisis secara deskriptif, uji statistik, serta pendekatan *Six Sigma* melalui tahapan DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) menggunakan parameter DPMO, *sigma level*, Cp, dan Cpk. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan dosis koagulan berpengaruh terhadap penurunan *turbidity*, Fe, dan Mn. Koagulan PAC dosis 30 mg/L memberikan hasil terbaik dengan nilai *turbidity* sebesar 0,18 NTU, Fe sebesar 0,015 mg/L, dan Mn sebesar 0,009 mg/L. PAC juga menghasilkan kestabilan pH yang lebih baik dibandingkan *alum* karena memiliki polimer aluminium terhidrolisis yang mampu mempercepat proses *charge neutralization* dan membentuk flok yang lebih padat. Berdasarkan analisis *Six Sigma*, kondisi proses setelah optimasi menunjukkan peningkatan kapabilitas proses dengan penurunan nilai DPMO dari 600.000 menjadi 0 serta peningkatan nilai Cpk *turbidity* menjadi 2,53 dan Fe menjadi 1,05. Dengan demikian, penggunaan PAC dosis 30 mg/L dinilai paling optimal dan mampu meningkatkan stabilitas kualitas air pada proses pengolahan air industri AMDK.

**Kata Kunci:** *koagulasi, pac, kekeruhan (turbidity), six sigma*

## 1. Pendahuluan

Air merupakan kebutuhan dasar manusia yang sangat penting bagi kehidupan sehari-hari. Seiring dengan meningkatnya kesadaran masyarakat terhadap kesehatan dan kualitas air minum, permintaan terhadap air minum dalam kemasan (*Air Minum Dalam Kemasan / AMDK*) terus meningkat [1]. Industri AMDK dituntut untuk menghasilkan produk air minum yang memenuhi standar kualitas sesuai dengan peraturan kesehatan dan standar mutu yang berlaku [2]. Oleh karena itu, proses pengolahan air pada *water treatment plant* harus mampu menjamin kualitas air baku yang diolah menjadi air layak konsumsi [3].

Salah satu tahapan penting dalam pengolahan air adalah proses koagulasi. Proses ini berfungsi untuk menghilangkan partikel koloid, zat tersuspensi, serta kekeruhan (*turbidity*) dalam air melalui penambahan bahan kimia yang disebut koagulan [4]. Koagulan yang umum digunakan antara lain *aluminium sulfate* (*alum*) atau *poly aluminium chloride* (*PAC*). Efektivitas proses koagulasi sangat dipengaruhi oleh beberapa parameter proses, seperti dosis koagulan dan kondisi pencampuran. Apabila parameter tersebut tidak dioptimalkan dengan baik, maka proses koagulasi dapat menjadi kurang efektif sehingga kualitas air hasil pengolahan tidak memenuhi standar yang diharapkan [5].

Pada industri AMDK, kestabilan kualitas air hasil pengolahan menjadi faktor yang sangat penting karena berkaitan langsung dengan keamanan produk dan kepercayaan konsumen. Variasi kualitas air baku seringkali menyebabkan perubahan kinerja proses koagulasi sehingga diperlukan pengendalian proses yang baik [6]. Salah satu pendekatan yang dapat digunakan untuk meningkatkan kinerja proses dan mengurangi variasi adalah metode *Six Sigma*. Metode ini merupakan pendekatan berbasis data yang digunakan untuk meningkatkan kualitas proses melalui tahapan *Define, Measure, Analyze, Improve, dan Control* (*DMAIC*) [7].

Pendekatan *Six Sigma* memungkinkan identifikasi penyebab utama ketidakefisienan proses koagulasi serta memberikan dasar yang sistematis dalam menentukan kondisi operasi yang optimal [8]. Dengan mengkombinasikan metode ini dengan variasi dosis koagulan, diharapkan dapat diperoleh kondisi proses yang mampu meningkatkan efisiensi penghilangan kekeruhan serta menghasilkan air dengan kualitas yang lebih stabil dan sesuai standar [9].

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian mengenai optimasi proses koagulasi pada *water treatment plant* industri AMDK menggunakan pendekatan *Six Sigma* dan variasi dosis koagulan menjadi penting untuk dilakukan [10]. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam meningkatkan efisiensi proses pengolahan air, mengurangi variasi kualitas air hasil pengolahan, serta mendukung peningkatan kualitas produk air minum dalam kemasan

## 2. Metode Penelitian

### Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini telah dilakukan kurang lebih selama 3 bulan pada bulan Maret-April 2026, di laboratorium PT.Tirta Fresindo Jaya Plant Gowa Sulsel.

### Bahan dan Alat

#### 1. Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah Air baku yang berasal dari *water treatment plant* industri *Air Minum Dalam Kemasan* (*AMDK*), Koagulan berupa *poly aluminium chloride* (*PAC*) atau *aluminium sulfate* (*alum*), Air suling (*aquades*) untuk pencucian alat dan pengenceran larutan, Larutan standar untuk kalibrasi alat pengukuran parameter kualitas air

#### 2. Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah *jar test apparatus*, *turbidity meter*, *ph meter*, *ds meter* atau *conductivity meter*, spektrofotometer, gelas beker, gelas ukur, pipet ukur atau pipet volumetrik, timbangan analitik, *stopwatch* dan pengaduk kaca.

### Proses Penelitian

Metode penelitian ini dilakukan dengan pendekatan optimasi proses koagulasi menggunakan variasi dosis koagulan serta analisis kualitas proses menggunakan metode *Six Sigma* melalui tahapan *Define, Measure, Analyze, Improve, dan Control* (*DMAIC*). Sampel air baku diambil dari *Water Treatment Plant* (*WTP*) industri *Air Minum Dalam Kemasan* (*AMDK*) [11]. Air baku yang digunakan dalam penelitian merupakan air yang telah melewati unit pengolahan awal, yaitu *Raw Water Tank* (*RWT*), *Sand Filter*, *Manganese Filter*, dan *Carbon Filter* sehingga diperoleh air baku setelah filtrasi yang digunakan sebagai sampel penelitian. Setelah itu, koagulan *Poly Aluminium Chloride* (*PAC*) dan *Aluminium Sulfat* (*Alum*) disiapkan dengan variasi dosis 10 mg/L, 20 mg/L, dan 30 mg/L. Seluruh alat yang digunakan, seperti *jar test*, *turbidity meter*, *pH meter*, dan *TDS meter*, dikalibrasi dahulu sebelum pengujian dilakukan [12].

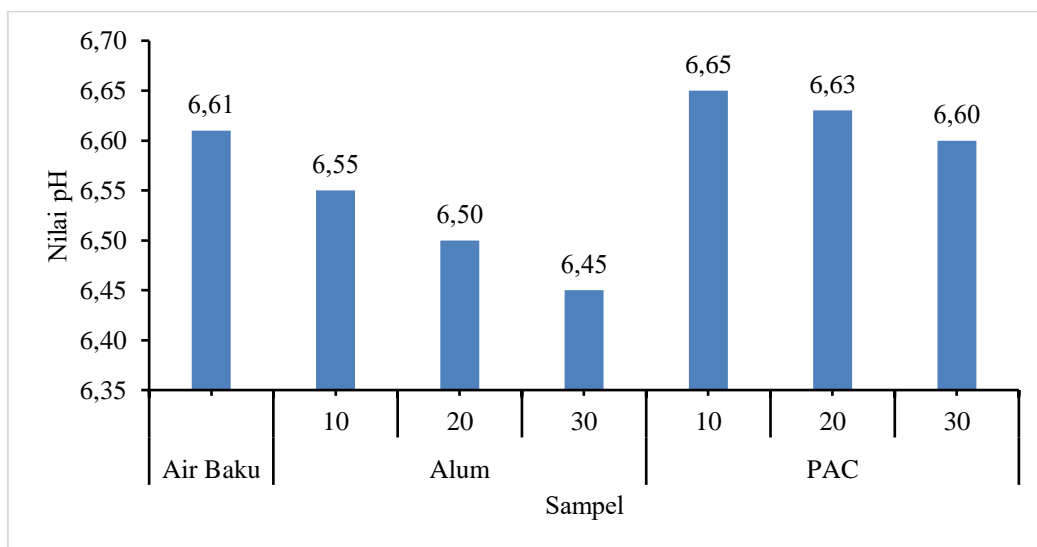
Proses koagulasi dilakukan menggunakan metode *jar test* dengan volume sampel air sebanyak 1000 mL untuk setiap perlakuan. Koagulan ditambahkan ke dalam sampel sesuai variasi dosis yang telah ditentukan, kemudian dilakukan *rapid mixing* pada kecepatan 120 rpm selama 2 menit untuk mendispersikan koagulan secara merata serta menetralkan muatan partikel koloid dalam air [13]. Tahap ini diikuti dengan *slow mixing* (*flokulasi*) pada kecepatan 40 rpm selama 15 menit untuk membantu pembentukan flok yang lebih besar dan stabil. Selanjutnya dilakukan proses sedimentasi selama 30 menit

hingga flok mengendap sempurna. Setiap perlakuan dilakukan sebanyak lima kali ulangan untuk memperoleh data yang lebih representative [14].

Setelah proses koagulasi dan sedimentasi selesai, dilakukan pengukuran parameter kualitas air yang meliputi turbiditas menggunakan turbidity meter mengacu pada SNI 06-6989.25-2005, derajat keasaman (pH) menggunakan pH meter mengacu pada SNI 06-6989.11-2004, Total Dissolved Solids (TDS) menggunakan TDS meter mengacu pada SNI 06-6989.27-2005, kandungan besi (Fe) mengacu pada SNI 6989.4:2009, serta kandungan mangan (Mn) mengacu pada SNI 6989.5:2009 [3]. Data hasil pengujian kemudian dianalisis menggunakan pendekatan Six Sigma melalui tahapan DMAIC yang meliputi Define untuk mengidentifikasi permasalahan dan menentukan *Critical to Quality* (CTQ), *Measure* untuk mengumpulkan data hasil pengujian, *Analyze* untuk menghitung nilai *Defects Per Million Opportunities* (DPMO) dan *sigma level*, *Improve* untuk menentukan kondisi operasi yang paling optimal, serta *Control* untuk mengevaluasi kapabilitas proses melalui perhitungan *Process Capability Index* (Cp) dan *Process Capability Performance Index* (Cpk). Data penelitian dianalisis secara deskriptif dan statistik menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA) untuk mengetahui pengaruh variasi dosis koagulan terhadap kualitas air hasil pengolahan [5].

### 3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi dan meningkatkan kinerja proses pengolahan air, khususnya pada tahap koagulasi yang berperan penting dalam menurunkan kekeruhan (*turbidity*), zat terlarut, serta kandungan logam seperti Fe dan Mn agar memenuhi standar kualitas air [15]. Optimasi dilakukan dengan memvariasikan jenis koagulan, yaitu Alum dan PAC, serta dosisnya (10 mg/L, 20 mg/L, dan 30 mg/L), yang kemudian dianalisis menggunakan pendekatan Six Sigma melalui tahapan DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) untuk mengidentifikasi permasalahan, mengukur kinerja proses, serta menentukan kondisi operasi yang paling optimal.

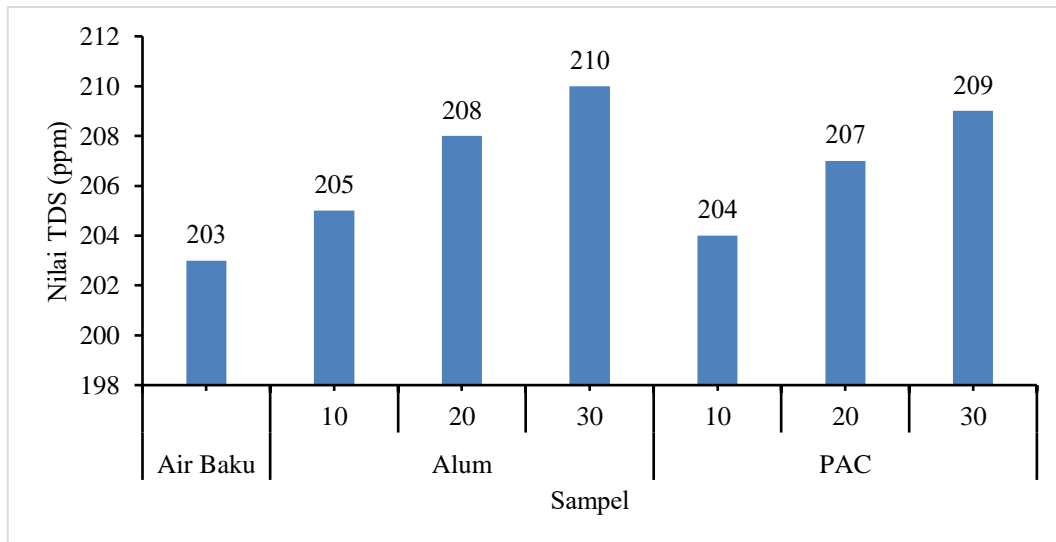


Gambar 1. Hasil Analisis pH

Grafik menunjukkan bahwa nilai pH air mengalami perubahan setelah penambahan koagulan, baik Alum maupun PAC. Pada air baku, pH awal sebesar 6,61 masih berada dalam rentang netral. Setelah penambahan Alum, pH mengalami penurunan secara bertahap seiring peningkatan dosis, yaitu dari 6,55 (10 mg/L) menjadi 6,50 (20 mg/L) dan 6,45 (30 mg/L). Penurunan ini disebabkan oleh sifat Alum yang bersifat asam karena menghasilkan ion  $H^+$  selama proses hidrolisis, sehingga semakin tinggi dosis yang digunakan, semakin besar penurunan pH yang terjadi [16].

Sebaliknya, penggunaan PAC menunjukkan perubahan pH yang relatif lebih stabil dibandingkan Alum. Pada dosis 10 mg/L, pH meningkat menjadi 6,65, kemudian sedikit menurun pada dosis 20 mg/L (6,63) dan 30 mg/L (6,60), namun tetap berada di sekitar nilai awal. Hal ini menunjukkan bahwa PAC memiliki efek yang lebih kecil terhadap perubahan pH karena sifatnya yang lebih stabil dalam air.

Secara keseluruhan, semua nilai pH masih berada dalam rentang standar kualitas air (6,5–8,5), meskipun pada penggunaan Alum dosis tinggi (30 mg/L) nilai pH mendekati batas bawah. Oleh karena itu, dari sisi kestabilan pH, penggunaan PAC lebih direkomendasikan dibandingkan Alum, terutama untuk menjaga kondisi pH tetap optimal selama proses pengolahan air [17].

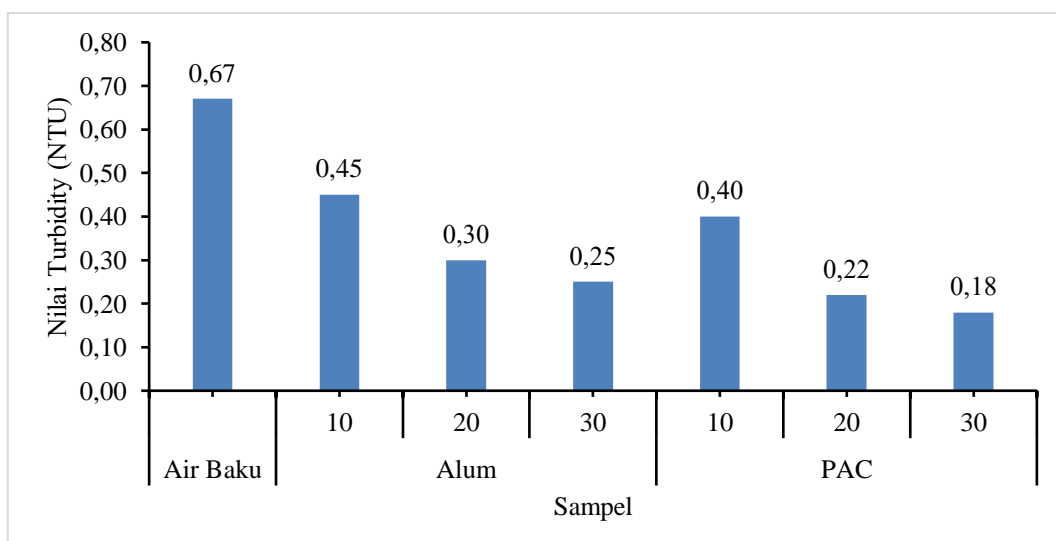


Gambar 2. Hasil Analisis TDS

Grafik menunjukkan bahwa nilai *Total Dissolved Solids* (TDS) mengalami peningkatan setelah penambahan koagulan, baik Alum maupun PAC. Pada air baku, nilai TDS sebesar 203 ppm. Setelah penambahan Alum, nilai TDS meningkat secara bertahap seiring dengan peningkatan dosis, yaitu menjadi 205 ppm (10 mg/L), 208 ppm (20 mg/L), dan 210 ppm (30 mg/L). Peningkatan ini disebabkan oleh penambahan zat kimia dari koagulan Alum yang terlarut dalam air, sehingga menambah jumlah padatan terlarut [18].

Hal serupa juga terjadi pada penggunaan PAC, di mana nilai TDS meningkat dari 204 ppm (10 mg/L) menjadi 207 ppm (20 mg/L) dan 209 ppm (30 mg/L). Namun, peningkatan TDS pada PAC relatif lebih rendah dibandingkan Alum pada dosis yang sama. Hal ini menunjukkan bahwa PAC menghasilkan tambahan padatan terlarut yang lebih sedikit dibandingkan Alum.

Secara keseluruhan, meskipun terjadi peningkatan nilai TDS pada kedua koagulan, seluruh nilai masih berada dalam batas standar yang diperbolehkan ( $\leq 210$  ppm). Oleh karena itu, baik Alum maupun PAC masih layak digunakan dalam proses pengolahan air, namun PAC lebih direkomendasikan karena memberikan peningkatan TDS yang lebih rendah sehingga kualitas air yang dihasilkan lebih baik [7].



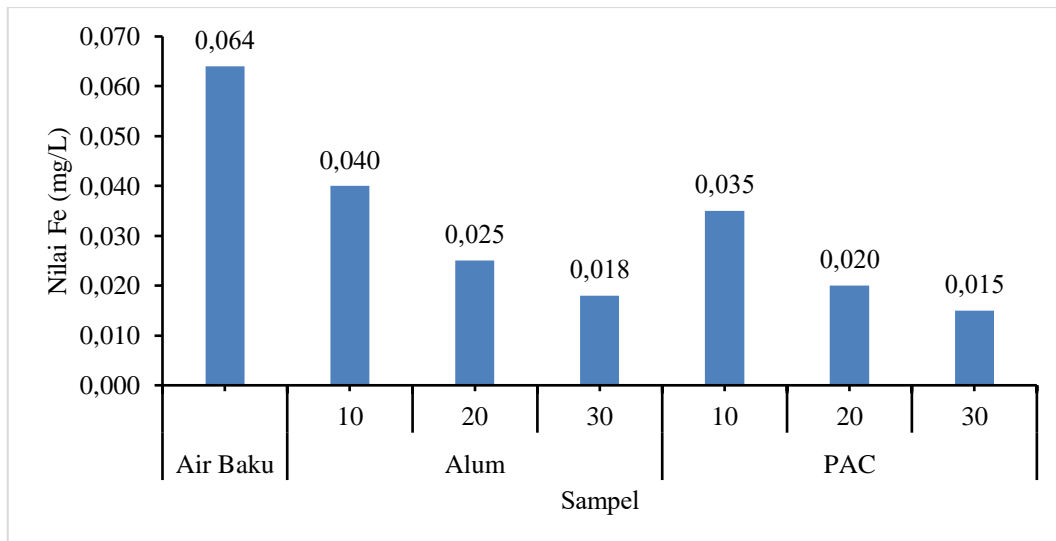
Gambar 3. Hasil Analisis NTU

Grafik menunjukkan bahwa nilai *turbidity* mengalami penurunan yang signifikan setelah penambahan koagulan, baik Alum maupun PAC. Pada air baku, nilai *turbidity* sebesar 0,67 NTU menunjukkan kondisi awal air yang masih keruh. Setelah penambahan Alum, nilai *turbidity* menurun secara bertahap seiring peningkatan dosis, yaitu menjadi 0,45 NTU (10 mg/L), 0,30 NTU (20 mg/L), dan 0,25

NTU (30 mg/L). Penurunan ini terjadi karena proses koagulasi-flokulasi yang mampu menggumpalkan partikel tersuspensi sehingga lebih mudah mengendap.

Pada penggunaan PAC, penurunan *turbidity* juga terlihat jelas, bahkan lebih efektif dibandingkan Alum. Nilai *turbidity* turun menjadi 0,40 NTU (10 mg/L), 0,22 NTU (20 mg/L), dan mencapai 0,18 NTU pada dosis 30 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa PAC memiliki kemampuan yang lebih baik dalam mengikat dan mengendapkan partikel koloid dibandingkan Alum.

Secara keseluruhan, semakin tinggi dosis koagulan yang digunakan, semakin rendah nilai *turbidity* yang dihasilkan. Selain itu, PAC menunjukkan performa yang lebih optimal dibandingkan Alum, terutama pada dosis 30 mg/L yang menghasilkan nilai *turbidity* terendah. Seluruh hasil setelah pengolahan telah memenuhi batas standar kualitas air ( $\leq 0,30$  NTU), sehingga proses pengolahan dapat dikatakan efektif dalam menurunkan tingkat kekeruhan air.



**Gambar 4.** Hasil Analisis Fe

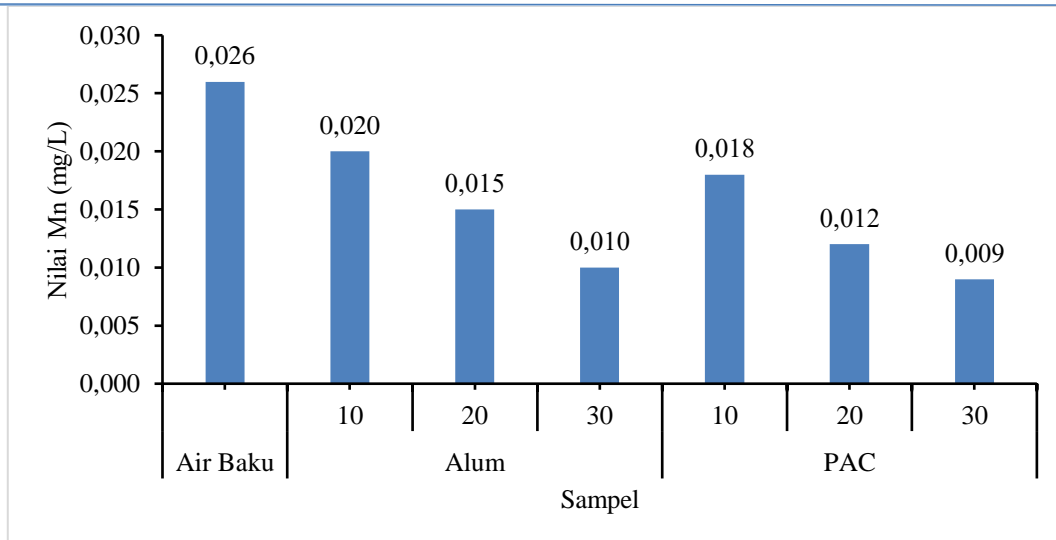
Grafik menunjukkan bahwa kadar Fe mengalami penurunan yang signifikan setelah proses pengolahan menggunakan koagulan, baik Alum maupun PAC. Pada air baku, kadar Fe sebesar 0,064 mg/L menunjukkan bahwa kandungan besi masih relatif tinggi. Setelah penambahan Alum, kadar Fe menurun secara bertahap seiring peningkatan dosis, yaitu menjadi 0,040 mg/L (10 mg/L), 0,025 mg/L (20 mg/L), dan 0,018 mg/L (30 mg/L). Penurunan ini terjadi karena ion Fe terikat dalam flok yang terbentuk selama proses koagulasi-flokulasi, sehingga dapat dipisahkan dari air.

Pada penggunaan PAC, penurunan kadar Fe juga terjadi dengan pola yang serupa, namun menunjukkan hasil yang lebih baik dibandingkan Alum. Nilai Fe menurun menjadi 0,035 mg/L (10 mg/L), 0,020 mg/L (20 mg/L), dan mencapai 0,015 mg/L pada dosis 30 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa PAC lebih efektif dalam menghilangkan kandungan besi dibandingkan Alum pada dosis yang sama.

Secara keseluruhan, semakin tinggi dosis koagulan yang digunakan, semakin rendah kadar Fe yang dihasilkan. Selain itu, PAC menunjukkan kinerja yang lebih optimal dibandingkan Alum, terutama pada dosis 30 mg/L yang menghasilkan kadar Fe terendah. Hasil pengolahan dengan PAC 30 mg/L telah memenuhi batas standar kualitas air ( $\leq 0,020$  mg/L), sehingga dapat dikatakan efektif dalam menurunkan kandungan besi dalam air.

Grafik **Gambar 5** menunjukkan bahwa kadar Mn mengalami penurunan yang signifikan setelah proses pengolahan menggunakan koagulan, baik Alum maupun PAC. Pada air baku, kadar Mn sebesar 0,026 mg/L menunjukkan bahwa kandungan mangan masih relatif tinggi. Setelah penambahan Alum, kadar Mn menurun secara bertahap seiring peningkatan dosis, yaitu menjadi 0,020 mg/L (10 mg/L), 0,015 mg/L (20 mg/L), dan 0,010 mg/L (30 mg/L). Penurunan ini terjadi karena ion Mn ikut terikat dalam flok yang terbentuk selama proses koagulasi-flokulasi, sehingga dapat dipisahkan dari air.

Pada penggunaan PAC, penurunan kadar Mn juga menunjukkan tren yang serupa, namun dengan hasil yang lebih baik dibandingkan Alum. Nilai Mn menurun menjadi 0,018 mg/L (10 mg/L), 0,012 mg/L (20 mg/L), dan mencapai 0,009 mg/L pada dosis 30 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa PAC lebih efektif dalam mengurangi kandungan mangan dibandingkan Alum pada dosis yang sama.



**Gambar 5.** Hasil Analisis Mn

Secara keseluruhan, semakin tinggi dosis koagulan yang digunakan, semakin rendah kadar Mn yang dihasilkan. Selain itu, PAC menunjukkan performa yang lebih optimal dibandingkan Alum, terutama pada dosis 30 mg/L yang menghasilkan kadar Mn terendah. Hasil pengolahan dengan PAC 30 mg/L telah memenuhi batas standar kualitas air ( $\leq 0,010$  mg/L), sehingga dapat dikatakan efektif dalam menurunkan kandungan mangan dalam air.

Koagulan PAC menunjukkan performa yang lebih baik dibandingkan alum karena memiliki kandungan polimer aluminium terhidrolisis yang mampu mempercepat proses charge neutralization pada partikel koloid. Selain itu, PAC menghasilkan flok yang lebih padat dan lebih mudah mengendap sehingga efektivitas penurunan *turbidity*, Fe, dan Mn menjadi lebih tinggi. PAC juga memiliki rentang kerja pH yang lebih luas dibandingkan alum sehingga kestabilan proses koagulasi lebih terjaga.

Sebaliknya, penggunaan alum menyebabkan penurunan pH yang lebih besar karena proses hidrolisis aluminium sulfat menghasilkan ion  $H^+$  yang meningkatkan sifat asam dalam air. Semakin tinggi dosis alum yang digunakan, semakin besar penurunan pH yang terjadi. Kondisi ini dapat mempengaruhi efektivitas proses koagulasi apabila pH berada di luar kondisi optimum.

Berdasarkan analisis statistik terhadap parameter pH, *Total Dissolved Solids* (TDS), *turbidity*, Fe, dan Mn, menunjukkan bahwa peningkatan dosis koagulan memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kualitas air. Nilai pH cenderung menurun pada penggunaan Alum dan relatif stabil pada PAC, sedangkan TDS mengalami peningkatan pada kedua koagulan akibat penambahan zat terlarut. Sebaliknya, parameter *turbidity*, Fe, dan Mn mengalami penurunan yang cukup signifikan, yang menunjukkan efektivitas proses koagulasi-flokulasi dalam menghilangkan kontaminan. Secara kuantitatif, PAC memberikan efisiensi penurunan yang lebih tinggi dibandingkan Alum, terutama pada dosis 30 mg/L dengan penurunan *turbidity*, Fe, dan Mn masing-masing sebesar  $\pm 73,1\%$ ,  $76,6\%$ , dan  $65,4\%$ . Selain itu, data menunjukkan tren yang konsisten dan stabil tanpa fluktuasi yang signifikan, sehingga proses dapat dikatakan terkendali. Secara keseluruhan, PAC dosis 30 mg/L merupakan kondisi optimum karena mampu menghasilkan kualitas air terbaik dengan kestabilan proses yang lebih baik dibandingkan Alum [7].

Berdasarkan hasil analisis *Six Sigma*, kondisi sebelum optimasi menunjukkan bahwa proses pengolahan air belum berjalan dengan baik, ditandai dengan nilai DPMO sebesar 600.000 dan tingkat sigma sebesar 1,25. Dari lima parameter yang dianalisis, terdapat tiga parameter yang tidak memenuhi spesifikasi, yaitu *turbidity*, Fe, dan Mn. Hasil perhitungan indeks kapabilitas proses menunjukkan bahwa nilai Cpk untuk ketiga parameter tersebut bernilai negatif, yang menandakan bahwa rata-rata proses berada di luar batas spesifikasi. Setelah dilakukan optimasi menggunakan PAC dosis 30 mg/L, seluruh parameter memenuhi spesifikasi sehingga nilai DPMO turun menjadi 0 dan tingkat sigma meningkat menjadi 6,00. Nilai Cp dan Cpk sesudah optimasi juga menunjukkan peningkatan, terutama pada parameter *turbidity* dengan Cpk sebesar 2,53 dan Fe sebesar 1,05. Dengan demikian, optimasi menggunakan PAC 30 mg/L terbukti mampu meningkatkan kualitas air dan memperbaiki kapabilitas proses secara signifikan.

Hasil analisis statistik menggunakan ANOVA menunjukkan bahwa variasi dosis koagulan memberikan pengaruh signifikan terhadap parameter *turbidity*, Fe, dan Mn ( $p < 0,05$ ). Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan dosis koagulan berkontribusi nyata terhadap peningkatan efektivitas proses koagulasi pada pengolahan air industri AMDK.

Penelitian ini menggunakan air baku dari *Water Treatment Plant* (WTP) industri Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) sebagai kondisi awal (sebelum optimasi). Optimasi proses dilakukan melalui variasi jenis dan dosis koagulan, yaitu alum dan Poly Aluminium Chloride (PAC) pada dosis 10 mg/L, 20 mg/L, dan 30 mg/L. Hasil optimasi menunjukkan bahwa koagulan PAC dosis 30 mg/L memberikan kinerja terbaik dalam menurunkan nilai turbidity, Fe, dan Mn sehingga ditetapkan sebagai kondisi optimum proses koagulasi.

#### 4. Kesimpulan

Variasi dosis koagulan berpengaruh signifikan terhadap efektivitas proses koagulasi dalam menurunkan kekeruhan air pada water treatment plant industri AMDK. Nilai turbidity menurun dari 0,67 NTU (air baku) menjadi 0,25 NTU pada Alum 30 mg/L dan 0,18 NTU pada PAC 30 mg/L, dengan efisiensi penurunan masing-masing sebesar 62,7% dan 73,1%, sehingga PAC 30 mg/L menunjukkan kinerja paling optimal dalam menurunkan kekeruhan. Berdasarkan analisis Six Sigma (DMAIC), kinerja proses koagulasi mengalami peningkatan signifikan setelah optimasi, ditunjukkan oleh penurunan nilai DPMO dari 600.000 menjadi 0, serta perbaikan nilai Cpk, khususnya pada parameter turbidity dari -7,80 menjadi 2,53 dan Fe dari -9,28 menjadi 1,05, sehingga proses menjadi lebih kapabel, stabil, dan terkendali

#### 6. Referensi

- [1] A. Nor, I. Muttaqin, and I. Trianiza, "Optimalisasi Dosis Koagulan dan Peningkatan Kinerja Pac (Poly Aluminium Klorida) dengan Penambahan Kaustik Soda dalam Proses Pengolahan Air Bersih di Pdam Bandarmasih Kota Banjarmasin Menggunakan Metode Jar Test," *J. Ind. Eng. Oper. Manag.*, vol. 3, no. 2, 2020, doi: 10.31602/jieom.v3i2.4254.
- [2] S. Prihatin and A. Sugiharto, "Pengaruh Variasi Dosis Kapur terhadap Penurunan Kadar COD dan Fosfat pada Limbah Usaha Laundry," *Indones. J. Chem. Anal.*, vol. 4, no. 2, pp. 58–63, 2021, doi: 10.20885/ijca.vol4.iss2.art2.
- [3] T. Turmiati, W. Udaibah, and M. Mulyatun, "Modifikasi Bentonit Menggunakan Surfaktan Kationik Benzalkonium Klorida," *Walisongo J. Chem.*, vol. 2, no. 2, pp. 47–56, 2019, doi: 10.21580/wjc.v2i2.6024.
- [4] M. Farid, H. Yulius, I. Irsan, S. Susriyati, and B. Maulana, "Pengendalian Kualitas Pengolahan Kulit Uptd Kota Padang Panjang Menggunakan Metode Six-Sigma," *J. Teknol. dan Sist. Inf. Bisnis*, vol. 4, no. 1, pp. 186–192, 2022, doi: 10.47233/jteksis.v4i1.399.
- [5] R. Mayasari, M. Hastarina, and E. Apriyani, "Analisis Turbidity terhadap Dosis Koagulan dengan Metode Regresi Linear (Studi Kasus di Pdam Tirta Musi Palembang)," *J. Integr. Sist. Ind.*, vol. 6, no. 2, pp. 117–125, 2019, doi: 10.24853/jisi.6.2.117-125.
- [6] A. S. Adi Saputroh, M. V. Priscilla, and T. Susilowati, "Kajian Efektifitas Bioflokulan dari Pati Biji Asam Jawa terhadap terhadap Penurunan Kadar COD pada Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu," *Chempro*, vol. 1, no. 01, pp. 22–28, 2020, doi: 10.33005/chempro.v1i01.29.
- [7] N. Nurlala, L. Nurhayati, and E. Lindawati, "Uji Sifat Fisikokimia Gelatin yang Diisolasi dari Tulang Ikan Kembung (*Rasterelliger SP.*) Menggunakan Beberapa Jenis Larutan Asam," *Indones. J. Ind. Res.*, vol. 11, no. 1, pp. 49–58, 2021, doi: 10.24960/jli.v11i1.6805.49-58.
- [8] E. Prihatinningtyasa and T. Jasalesmana, "Studi Penurunan Kekeruhan dengan Aplikasi Ekstrak Tapioka sebagai Koagulan Alam pada Pengolahan Air Bersih," *J. Ris. Teknol. Ind.*, pp. 200–208, 2021, doi: 10.26578/jrti.v15i2.6697.
- [9] C. Cholifaturchmah, D. Widyaningrum, and M. Jufriyanto, "Upaya Mengurangi Waste pada Produksi Kerudung dengan Penerapan Metode Lean Six Sigma di UMKM Arryna Raya," *J. Integr. Sist. Ind.*, vol. 9, no. 1, pp. 37–45, 2022, doi: 10.24853/jisi.9.1.37-45.
- [10] M. H. Rizkya and N. R. Juliardi AR, "Penurunan Total Suspended Solid dan Kekeruhan Air Baku Menggunakan Pipa Circular dan Gravel Bed Flocculator dengan Koagulan Poly Aluminium Chloride," *EnviroUS*, vol. 1, no. 1, pp. 16–21, 2020, doi: 10.33005/enviroUS.v1i1.15.
- [11] D. P. Marisi, S. Suprihatin, and A. Ismayana, "Penurunan Kadar Torium dan Radioaktivitas dalam Limbah Cair Proses Pengolahan Monasit PLUTHO Menggunakan Koagulan FeSO<sub>4</sub>," *Eksplorium Bul. Pus. Teknol. Bahan Galian Nukl.*, vol. 39, no. 1, pp. 39–50, 2018, doi: 10.17146/eksplorium.2018.39.1.4276.
- [12] H. Setyawati, E. J. Sinaga, L. S. Wulandari, and F. Sandy, "Efektifitas Biji Kelor dan Tawas sebagai Koagulan pada Peningkatan Mutu Limbah Cair Industri Tahu," *J. Tek. Kim. UPN Veteran Jatim*, vol. 12, no. 2, 2018, doi: 10.33005/jurnal\_tekkim.v12i2.1084.

- [13] A. Setiawan, C. E. Yunus, T. A. Ramadani, and N. E. Mayangsari, "Penggunaan Ferri Klorida dan Kitosan Cangkang Kepiting sebagai Alternatif Koagulan pada Pengolahan Air Limbah Laundry," *Indones. J. Ind. Res.*, vol. 11, no. 2, pp. 272–283, 2019, doi: 10.26578/jrti.v13i2.5581.
- [14] A. Setiawan, A. E. Afiuddin, Q. Aini, and T. U. Dewi, "Recovery Koagulan dari Sludge WWTP Pembangkit Listrik Tenaga Uap sebagai Alternatif Pengolahan Air Limbah secara Kimia," *Indones. J. Ind. Res.*, vol. 10, no. 2, pp. 126–138, 2018, doi: 10.26578/jrti.v12i2.4192.
- [15] A. P. Pradana, M. Chaeron, and M. S. A. Khanan, "Implementasi Konsep Lean Manufacturing Guna Mengurangi Pemborosan di Lantai Produksi," *Opsi*, vol. 11, no. 1, pp. 14–18, 2018, doi: 10.31315/opsi.v11i1.2196.
- [16] M. Kholil and E. D. Prasetyo, "Tinjauan Kualitas pada Aerosol Can Ø 65 X 124 dengan Pendekatan Metode Six Sigma pada Line Abm 3 Departemen Assembly," *SINERGI*, vol. 21, no. 1, pp. 53–58, 2017, doi: 10.22441/sinergi.2017.1.008.
- [17] I. G. A. A. K. Wardani and N. N. W. Udayani, "Pengaruh Pemberian Ekstrak Etanol Daun Belimbing Wuluh (*Averrhoa Bilimbi L.*) terhadap Waktu Perdarahan dan Waktu Koagulasi pada Mencit Jantan (*Mus Musculus L.*)," *J. Ilm. Medicam.*, vol. 3, no. 2, pp. 104–109, 2017, doi: 10.36733/medicamento.v3i2.908.
- [18] A. M. Rani and Y. R. Wahyudi, "Upaya Menurunkan Reject Part Painting Plastik Menggunakan Metode Six Sigma di PT XYZ Pegangsaan Dua," *J. Integr. Sist. Ind.*, vol. 8, no. 1, pp. 35–44, 2021, doi: 10.24853/jisi.v8i1.8537.