

**ANALISIS PEMAKAIAN BAHAN KIMIA PADA INSTALASI PENGOLAHAN AIR MINUM
PT. MOYA BEKASI JAYA KHUSUSNYA BIAYA BAHAN KIMIA KOAGULAN
(STUDI KASUS IPA PT. MBJ, KEC. CIKARANG SELATAN, KAB. BEKASI)**

***ANALYSIS OF CHEMICAL CONSUMPTION AT THE PT. MOYA BEKASI JAYA
DRINKING WATER TREATMENT PLANT: A FOCUS ON COAGULANT COSTS
(CASE STUDY OF PT. MBJ WTP, SOUTH CIKARANG DISTRICT, BEKASI REGENCY)***

Rahadian Sutisnawidjaya^{*1}, Simon Sembiring²

¹Mahasiswa, Magister Teknik Sipil, Universitas Tama Jagakarsa

²Dosen, Magister Teknik Sipil, Universitas Tama Jagakarsa

Korespondensi: rahadian2009@gmail.com

ABSTRAK

Air bersih merupakan kebutuhan dasar yang berperan penting dalam menjaga kesehatan masyarakat dan mendukung berbagai aktivitas kehidupan. Untuk memenuhi kebutuhan air bersih di wilayah Cikarang dan sekitarnya, Perumda Tirta Bhagasasi bekerja sama dengan pihak swasta melalui Instalasi Pengolahan Air (IPA) PT. Moya Bekasi Jaya (MBJ) yang memanfaatkan air baku dari Saluran Tarum Barat. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas penggunaan koagulan Aluminium Sulfat (Alum) dan Poly Aluminium Chloride (PAC) berdasarkan kualitas air baku, hasil pengolahan, serta efisiensi biaya operasional. Metode penelitian meliputi pengumpulan data primer dan sekunder periode Januari–Desember 2025, analisis hasil uji laboratorium (jar test), evaluasi dosis optimum koagulan berdasarkan parameter kekeruhan dan pH, serta analisis efisiensi biaya operasional. Hubungan antara kekeruhan air baku dan dosis koagulan dianalisis menggunakan regresi linier. Hasil penelitian menunjukkan adanya hubungan yang kuat antara kekeruhan air baku dan kebutuhan dosis koagulan dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9218 untuk Alum dan 0,9507 untuk PAC. Hasil jar test menunjukkan bahwa PAC memiliki kinerja yang lebih baik dibandingkan Alum pada kondisi kekeruhan air baku di atas 228,49 NTU. Efisiensi penggunaan PAC mulai terlihat lebih jelas pada kekeruhan air baku di atas 300 NTU dengan nilai efisiensi PAC lebih hemat 4,7% atau Rp5,88/m³. Berdasarkan hasil penelitian, PAC 8% direkomendasikan sebagai koagulan yang lebih efektif dan efisien untuk digunakan pada kondisi kekeruhan air baku tinggi, sedangkan Alum 8% masih layak digunakan pada kondisi kekeruhan rendah hingga sedang guna mengoptimalkan biaya operasional pengolahan air.

Kata Kunci: Instalasi Pengolahan Air Minum, koagulan, Aluminium Sulfat, Poly Aluminium Chloride, jar test, biaya operasional.

ABSTRACT

Clean water is a basic necessity that plays a vital role in maintaining public health and supporting various life activities. To meet the demand for clean water in the Cikarang region and its surroundings, Perumda Tirta Bhagasasi collaborates with the private sector through the Water Treatment Plant (WTP) of PT Moya Bekasi Jaya (MBJ), which utilizes raw water from the Tarum Barat Canal. This study aims to evaluate the effectiveness

of using Aluminum Sulfate (Alum) and Poly Aluminum Chloride (PAC) coagulants based on raw water quality, treatment results, and operational cost efficiency. The research methods include collecting primary and secondary data for the period of January–December 2025, analyzing laboratory test results (jar tests), evaluating the optimum coagulant dosage based on turbidity and pH parameters, and analyzing operational cost efficiency. The relationship between raw water turbidity and coagulant dosage was analyzed using linear regression. The results showed a strong correlation between raw water turbidity and the required coagulant dosage, with a coefficient of determination (R^2) of 0.9218 for Alum and 0.9507 for PAC. The jar test results indicated that PAC performed better than Alum when raw water turbidity exceeded 228.49 NTU. The efficiency of PAC usage became more evident at raw water turbidity levels above 300 NTU, with PAC being 4.7% more cost-effective, saving IDR 5.88/m³. Based on the research findings, PAC 8% is recommended as a more effective and efficient coagulant for high raw water turbidity conditions, while Alum 8% remains feasible for low to moderate turbidity levels to optimize water treatment operational costs.

Keywords: *Water Treatment Plant, coagulant, Aluminum Sulfate, Poly Aluminum Chloride, jar test, operational costs.*

PENDAHULUAN

Air minum merupakan kebutuhan dasar masyarakat yang harus tersedia dalam jumlah dan kualitas yang memadai. Seiring meningkatnya jumlah penduduk dan aktivitas industri di Kabupaten Bekasi, kebutuhan air bersih terus mengalami peningkatan. Instalasi Pengolahan Air (IPA) PT. MBI merupakan salah satu instalasi pengolahan air yang memanfaatkan air baku dari Kanal Tarum Barat (Kalimalang) untuk memenuhi kebutuhan pelanggan di wilayah Cikarang Selatan.

Karakteristik kualitas air baku dari Kanal Tarum Barat sangat dipengaruhi oleh kondisi musim dan aktivitas di daerah tangkapan air sehingga menyebabkan fluktuasi parameter kualitas air, terutama kekeruhan. Kondisi fluktuasi kekeruhan yang ekstrem pada sumber air permukaan akibat pola musim intensif dan limpasan permukaan ini sejalan dengan fenomena yang jamak ditemui pada berbagai instalasi pengolahan air di wilayah tropis (Pratama dkk., 2021). Fluktuasi tersebut berdampak langsung terhadap kebutuhan bahan kimia koagulan yang digunakan dalam proses pengolahan air. Penggunaan dosis yang tidak tepat dapat mengakibatkan pemborosan bahan kimia, peningkatan biaya operasional, serta penurunan efisiensi proses pengolahan. Oleh karena itu, optimasi dosis melalui pemodelan prediktif berbasis karakteristik air baku menjadi krusial untuk menjaga stabilitas kualitas efluen sekaligus mengendalikan belanja operasional (Ramadhani & Warmadewanthi, 2020).

Penelitian ini bertujuan mengevaluasi efektivitas penggunaan koagulan Alum dan PAC berdasarkan kualitas air baku, hasil pengujian jar test, serta biaya operasional pengolahan air.

TINJAUAN PUSTAKA

Sistem Pengolahan Air Minum

Sistem Pengolahan Air Minum merupakan bagian dari Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) yang berfungsi mengolah air baku dari sumber air permukaan, air tanah, atau sumber lainnya menjadi air minum yang memenuhi persyaratan kualitas, kuantitas, kontinuitas, dan keterjangkauan sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 122 Tahun 2015 tentang Sistem Penyediaan Air Minum, SPAM adalah satu kesatuan sarana dan prasarana penyediaan air minum yang meliputi unit air baku, unit produksi, unit distribusi, unit pelayanan, serta unit pengelolaan. Dalam sistem tersebut, instalasi pengolahan air minum (IPA) PT. MBI berperan sebagai unit produksi yang mengolah air baku menjadi air yang layak untuk dikonsumsi masyarakat.

Secara teknis, sistem pengolahan air minum bertujuan untuk menghilangkan atau menurunkan kandungan pencemar fisik, kimia, dan mikrobiologi yang terdapat dalam air baku sehingga kualitas air hasil olahan memenuhi standar yang ditetapkan dalam Permenkes Nomor 2 Tahun 2023 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum. Proses pengolahan umumnya meliputi tahapan koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi, dan desinfeksi.

Menurut Spellman (2004), pengolahan air minum merupakan serangkaian proses yang dirancang untuk menghasilkan air yang aman dikonsumsi dengan cara menghilangkan zat pencemar, mikroorganisme patogen, serta memperbaiki karakteristik fisik dan kimia air. Sementara itu, Tchobanoglous dan Burton (2003) menyatakan bahwa tujuan utama pengolahan air

adalah melindungi kesehatan masyarakat melalui penyediaan air yang memenuhi standar kualitas dan aman untuk digunakan.

Dengan demikian, Sistem Pengolahan Air Minum dapat diartikan sebagai suatu rangkaian proses fisik, kimia, dan biologis yang dirancang untuk mengubah air baku menjadi air minum yang memenuhi standar kesehatan, sehingga dapat digunakan secara aman dan berkelanjutan oleh masyarakat.

Pengolahan air minum terdiri dari proses koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi, dan desinfeksi. Koagulasi merupakan tahapan penting yang berfungsi menstabilkan partikel koloid agar dapat membentuk flok dan dihilangkan melalui proses sedimentasi serta filtrasi. Keberhasilan pada tahapan koagulasi-flokulasi ini menjadi penentu utama beban kerja dan efisiensi penyaringan pada unit filtrasi di hilir instalasi (Sutapa, 2018).

Aluminium Sulfat (Alum)

Alum merupakan koagulan berbasis aluminium yang banyak digunakan dalam pengolahan air karena harganya relatif ekonomis dan mudah diaplikasikan. Namun Alum cenderung menurunkan pH air dan menghasilkan lumpur dalam jumlah besar.

Alum merupakan koagulan berbasis aluminium yang banyak digunakan dalam pengolahan air karena harganya relatif ekonomis dan mudah diaplikasikan. Namun, Alum memiliki keterbatasan karena cenderung menurunkan pH air secara drastis dan menghasilkan volume lumpur (*sludge*) dalam jumlah besar (Smith & Scott, 2005, hal. 212). Penurunan nilai pH yang signifikan ini terjadi karena pelepasan ion hidrogen selama proses hidrolisis Alum, yang pada gilirannya memerlukan penambahan pembubuhan bahan alkali eksternal seperti kapur atau soda abu untuk menstabilkan kembali korosifitas air (Hidayat & Shavitri, 2022).

Poly Aluminium Chloride (PAC)

PAC merupakan koagulan polimer aluminium yang memiliki kemampuan pembentukan flok lebih cepat dan stabil. PAC membutuhkan dosis lebih rendah dibandingkan Alum serta menghasilkan lumpur yang lebih sedikit.

Sebagai alternatif, PAC yang merupakan polimer aluminium terprehidrolisis memiliki keunggulan dalam pembentukan flok yang lebih cepat, padat, dan stabil. Menurut Smith dan Scott (2005, hal. 215), struktur polimer pada PAC

membuatnya membutuhkan dosis yang lebih rendah dibandingkan Alum serta menghasilkan sisa lumpur yang jauh lebih sedikit, sehingga meringankan beban kerja unit sedimentasi dan filtrasi. Kandungan gugus hidroksil yang telah terikat dalam struktur polimer PAC menyebabkannya tidak terlalu sensitif terhadap fluktuasi temperatur dan mampu bekerja efektif pada rentang pH air baku yang lebih luas tanpa mendestruksi alkalinitas alami air secara ekstrem (Wahyudi dkk., 2023).

Jar Test

Jar test digunakan untuk menentukan dosis optimum koagulan berdasarkan kondisi aktual kualitas air baku dalam skala Laboratorium sehingga dapat meningkatkan efisiensi penggunaan bahan kimia. Prosedur tahapan perlakuan Jartest di IPA PT. MBJ dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Prosedur perlakuan Jartest di IPA PT. MBJ.

Kegiatan	rpm	Td	Komulatif	
		Detik	detik	menit
Pengaduk Cepat	200	20	20	0
Pengaduk Lambat 1	120	190	210	4
Pengaduk Lambat 2	100	190	400	7
Pengaduk Lambat 3	80	190	590	10
Pengaduk Lambat 4	60	190	780	13
Pengaduk Lambat 5	50	190	970	16
Pengaduk Lambat 6	40	190	1,160	19
Pengaduk Lambat 7	-	-	1,160	19
Pengaduk Lambat 8	-	-	1,160	19
Pengendapan	-	622	1,782	30

METODE

Tahapan pelaksanaan penelitian yang dilakukan di Instalasi Pengolahan Air (IPA) PT. MBJ di Kecamatan Cikarang Selatan, Kabupaten Bekasi, dengan memanfaatkan air baku dari Saluran Tarum Barat (Kalimalang). Penelitian ini dilaksanakan sepanjang periode Januari hingga Desember 2025.

Desain dan Alur Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan

kuantitatif eksperimental dan analitis, membandingkan efektivitas serta efisiensi keekonomisan dua jenis koagulan: *Aluminium Sulfat* (Alum) 8% dan *Poly Aluminium Chloride* (PAC) 8%. Tahapan penelitian meliputi pengumpulan data fluktuasi air baku, pelaksanaan uji laboratorium (*jar test*), penyusunan model regresi linear kebutuhan dosis, hingga analisis biaya operasional. Dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Proses Evaluasi Pemakaian Bahan Kimia pada IPA PT. MBJ.

Pengumpulan Data

1. **Data Primer:** Diperoleh melalui pengujian laboratorium langsung (*jar test*) menggunakan peralatan *flocculator* untuk menentukan dosis optimum Alum dan PAC pada berbagai variasi tingkat kekeruhan (*turbidity*) air baku. Parameter yang diuji setelah proses koagulasi-flokulasi meliputi kekeruhan sisa (NTU) dan nilai pH air.
2. **Data Sekunder:** Meliputi data historis kualitas air baku bulanan (kekeruhan, pH, suhu) periode Januari–Desember 2025, kapasitas produksi

instalasi, serta data harga satuan operasional bahan kimia Alum 8% dan PAC 8% yang berlaku di unit pengelolaan.

Analisis Data

Analisis Regresi Linear

Hubungan antara tingkat kekeruhan air baku (X) dengan kebutuhan dosis optimum koagulan (Y) dimodelkan menggunakan persamaan regresi linear sederhana:

$$Y = aX + b \quad (1)$$

Keterangan:

Y = dosis koagulan (mg/L)
X = kekeruhan air baku (NTU)
a = konstanta
b = koefisien regresi

Kedekatan hubungan kedua variabel diukur menggunakan nilai Koefisien Determinasi (R^2).

Analisis Efisiensi Biaya (*Cost Efficiency*)

Menghitung nilai keekonomisan biaya kimia per meter kubik air yang diolah (Rp/m³) berdasarkan persamaan dosis optimum yang dihasilkan. Analisis dilakukan untuk mencari *break-even point* fluktuasi kekeruhan di mana salah satu koagulan menjadi lebih efisien secara finansial.

Penelitian dilakukan pada IPA PT. MBJ Kabupaten Bekasi dengan memanfaatkan data operasional periode Januari–Desember 2025. Data yang dianalisis meliputi:

1. Data kualitas air baku (kekeruhan dan pH).
2. Data penggunaan koagulan Alum dan PAC.
3. Data hasil *jar test*.
4. Data biaya penggunaan bahan kimia.
5. Data debit produksi air.

Metode analisis yang digunakan meliputi:

1. Analisis deskriptif.
2. Analisis regresi linier hubungan kekeruhan dan dosis koagulan.
3. Evaluasi efektivitas hasil *jar test*.
4. Analisis biaya operasional bahan kimia.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Air Baku

Berdasarkan data pemantauan sepanjang tahun 2025, air baku dari Saluran Tarum Barat menunjukkan fluktuasi kekeruhan yang sangat

signifikan yang dipengaruhi oleh faktor musim. Kekeruhan riil berkisar antara 16 NTU hingga mencapai puncaknya pada 1.976 NTU saat intensitas hujan tinggi. Rata-rata kekeruhan bulanan tertinggi terjadi pada bulan Maret sebesar 343 NTU, sementara rata-rata terendah tercatat pada bulan Agustus sebesar 57 NTU. Kondisi fluktuatif ini menuntut ketepatan penentuan dosis koagulan agar kualitas air produksi tetap memenuhi standar regulasi (Menteri Kesehatan).

Hubungan Kekeruhan dan Dosis Koagulan

Melalui serangkaian pengujian *jar test*, diperoleh dosis optimum untuk masing-masing koagulan pada berbagai tingkat kekeruhan. Hasil plot data dan analisis regresi linear menghasilkan persamaan sebagai berikut:

Aluminium Sulfat (Alum): Persamaan regresi:

$$Y = aX + b$$

Keterangan:

Y = dosis koagulan (mg/L)

X = kekeruhan air baku (NTU)

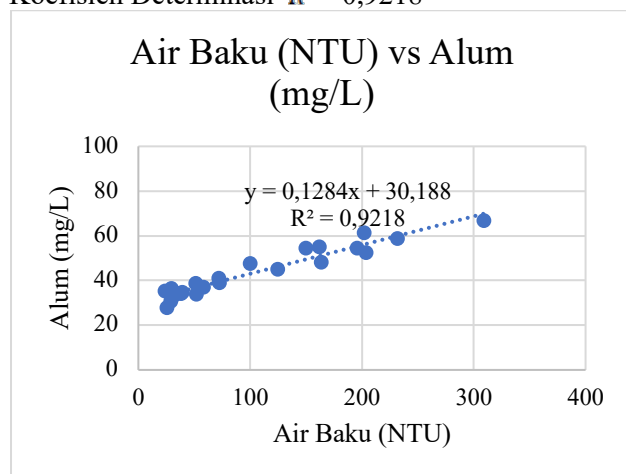
a = konstanta

b = koefisien regresi

Untuk pemakaian Alum dengan kekeruhan Air Baku periode Januari sampai dengan Desember 2025 menghasilkan persamaan Regresi sebagai berikut:

$$Y = 0.1284X + 30.188$$

Ini dapat dilihat pada **Gambar 2.** dengan Koefisien Determinasi $R^2 = 0,9218$



Gambar 2. Grafik Hubungan antara Kekeruhan Air Baku dan Alum 8%

Poly Aluminium Chloride (PAC): Persamaan regresi:

$$Y = aX + b$$

Keterangan:

Y = dosis koagulan (mg/L)

X = kekeruhan air baku (NTU)

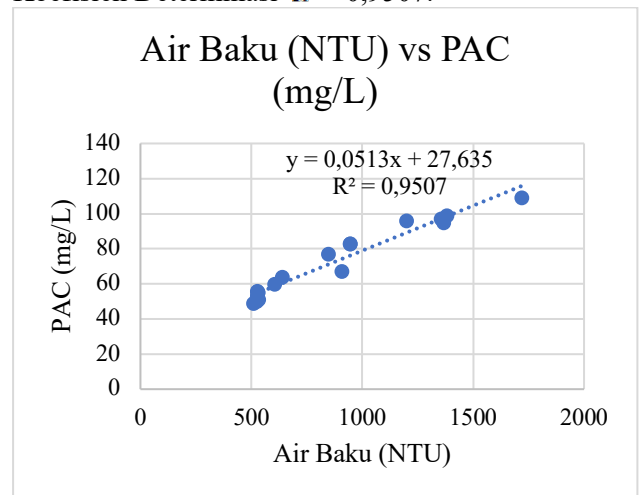
a = konstanta

b = koefisien regresi

Sedangkan untuk pemakaian PAC dengan kekeruhan Air Baku periode Januari sampai dengan Desember 2025 menghasilkan persamaan Regresi sebagai berikut :

$$Y = 0.0513X + 27.635$$

Ini dapat dilihat pada **Gambar 3** dengan Koefisien Determinasi $R^2 = 0,9507$.



Gambar 3. Grafik Hubungan antara Kekeruhan Air Baku dan PAC 8%

Nilai R^2 yang mendekati angka 1 pada kedua koagulan menunjukkan adanya korelasi positif yang sangat kuat antara peningkatan kekeruhan air baku dengan kebutuhan dosis bahan kimia yang harus diinjeksikan. Nilai R^2 PAC yang sedikit lebih tinggi (0,9507) mengindikasikan bahwa respons PAC terhadap perubahan kekeruhan air baku cenderung lebih stabil dan dapat diprediksi secara matematis dengan sangat baik

Analisis regresi menunjukkan hubungan yang sangat kuat antara kekeruhan air baku dan kebutuhan dosis koagulan.

Nilai tersebut menunjukkan bahwa peningkatan kekeruhan air baku berpengaruh langsung terhadap peningkatan kebutuhan dosis koagulan.

Evaluasi Hasil Jar Test

Hasil pengujian Jar Test menunjukkan bahwa pada kondisi air baku dengan kekeruhan rendah hingga sedang (< 100 NTU), Alum 8% mampu menurunkan kekeruhan dengan baik dan menjaga nilai pH air sisa tetap berada pada rentang batas aman

pengolahan, meskipun konsumsi dosisnya sedikit lebih tinggi.

Namun, pada kondisi kekeruhan tinggi (di atas 228,49 NTU), PAC 8% menunjukkan keunggulan performa yang signifikan dibandingkan Alum. Flok yang terbentuk pada pencampuran PAC berukuran lebih besar, memiliki densitas yang lebih padat, dan mengendap dengan kecepatan (*settling velocity*) yang lebih tinggi. Selain itu, penggunaan PAC tidak menurunkan pH air secara drastis seperti Alum, sehingga meminimalkan atau bahkan menghilangkan kebutuhan penambahan kapur (*lime*) sebagai koreksi pH susulan

Hasil pengujian jar test menunjukkan bahwa PAC memiliki performa lebih baik dibandingkan Alum terutama pada kondisi kekeruhan tinggi. Pada kekeruhan di atas 228,49 NTU, PAC menghasilkan flok yang lebih besar dan lebih cepat mengendap dibandingkan Alum, dengan melakukan simulasi berdasarkan persamaan Regresi Alum (**Gambar 2**) dan Regresi PAC (**Gambar 3**) dihasilkan nilai yang dapat dilihat pada **Tabel 2**. Fenomena cepatnya pengendapan ini sejalan dengan teori yang dikemukakan oleh Wilson (2005, hal. 91) bahwa efisiensi sistem klarifikasi air sangat dipengaruhi oleh densitas dan ukuran flok; flok polimerik seperti PAC

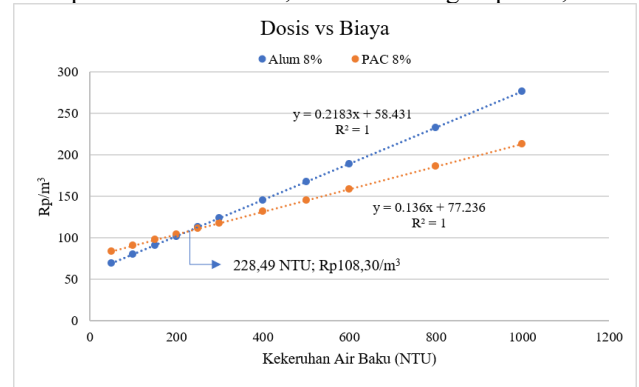
mempercepat laju pengendapan (v) berdasarkan hukum Stokes sehingga menurunkan sisa kekeruhan secara signifikan. Selain itu, penggunaan PAC memerlukan dosis yang lebih rendah sehingga dapat mengurangi konsumsi bahan kimia secara keseluruhan (Oktavianto & Rosariawari, 2024, hal. 50)

Tabel 2. Peningkatan kekeruhan air baku menyebabkan kenaikan biaya penggunaan koagulan Alum dan PAC

Kekeruhan Air Baku NTU	Alum 8% Biaya Rp/m ³	PAC 8% Biaya Rp/m ³	Selisih Rp/m ³	Efisiensi %
50	69	84	14.69	21.2%
100	80	91	10.58	13.2%
150	91	98	6.46	7.1%
200	102	104	2.35	2.3%
250	113	111	1.77	1.6%
300	124	118	5.88	4.7%
400	146	132	14.12	9.7%
500	168	145	22.35	13.3%
600	189	159	30.58	16.1%
800	233	186	47.04	20.2%
1000	277	213	63.50	22.9%

Dari Tabel 2. dapat dibuat **Gambar 4.** dan

diperoleh nilai titik potong efisiensi pemakaian Alum dan PAC pada kekeruhan 228,49 NTU di harga Rp. 108,30/m³.



Gambar 4. Grafik Korelasi Kekeruhan Air Baku 0-1000 NTU Koagulan Alum & PAC dari Hasil Jar test

Analisis Biaya Operasional

Analisis finansial dilakukan dengan membandingkan biaya riil konsumsi koagulan per meter kubik (Rp/m³) air baku yang diolah. Hasil simulasi menunjukkan adanya titik potong ekonomis (*break-even point*) pada tingkat kekeruhan **228,49 NTU.**

- Kekeruhan < 228,49 NTU:** Penggunaan Aluminium Sulfat (Alum) secara ekonomis masih lebih menguntungkan karena harga satuannya yang lebih murah dibandingkan PAC, meskipun volume dosis yang diperlukan sedikit lebih banyak.
- Kekeruhan > 228,49 NTU:** Penggunaan PAC 8% menjadi jauh lebih efisien. Sebagai contoh, pada kondisi kekeruhan tinggi di atas 300 NTU, biaya operasional menggunakan PAC adalah sebesar **Rp206/m³**, sedangkan menggunakan Alum membengkak hingga **Rp253/m³**.

Dengan demikian, penggunaan PAC pada kondisi air baku keruh mampu menghasilkan efisiensi biaya operasional sebesar **Rp 47/m³** atau sekitar **18,6%** atau setara dengan penghematan riil sebesar **Rp5,88/m³**. Penghematan ini jika diakumulasikan dengan total volume produksi harian akan memberikan reduksi pengeluaran operasional (*Opex*) yang sangat signifikan bagi PT. MBJ.

Tabel 3. Perbandingan Biaya Koagulan dengan kekeruhan diatas 228,49 NTU

No.	Koagulan	Biaya Pengolahan
1	Alum	Rp 253/m ³
2	PAC	Rp 206/m ³

Implikasi Operasional

Hasil penelitian menunjukkan bahwa strategi penggunaan satu jenis koagulan untuk seluruh kondisi kualitas air baku kurang efisien. Penggunaan koagulan perlu disesuaikan dengan tingkat kekeruhan air baku agar diperoleh kombinasi terbaik antara kualitas air hasil olahan dan biaya operasional. Ini dapat dilihat pada **Tabel 4.** kekeruhan aktual di periode Januari - Desember 2025, yang disimulasikan berdasarkan persamaan Regresi Alum dan PAC dengan kekeruhan 50 - 800 NTU terhadap biaya Koagulan Alum 8% dan PAC 8%.

Tabel 4. Kekeruhan dan biaya Koagulan

Kekeruhan Air Baku NTU	Alum		PAC	
	mg/L	Rp/m ³	mg/L	Rp/m ³
50	37	70	30	91
100	43	82	33	98
150	49	94	35	106
200	56	106	38	114
250	62	118	40	121
300	69	131	43	129
400	82	155	48	144
500	94	179	53	160
600	107	204	58	175
800	133	253	69	206

Meskipun kebutuhan dosis PAC lebih rendah, biaya penggunaan PAC pada kondisi kekeruhan rendah masih lebih tinggi dibandingkan Alum akibat harga satuan bahan kimia yang lebih mahal.

Pada kekeruhan 50 NTU, biaya penggunaan Alum sebesar Rp70/m³, sedangkan PAC sebesar Rp91/m³. Dengan demikian biaya PAC 30,0% lebih tinggi dibandingkan Alum.

Pada kekeruhan 100 NTU, biaya PAC sebesar Rp98/m³ atau 19,5% lebih tinggi dibandingkan biaya Alum sebesar Rp82/m³. Selanjutnya pada kekeruhan 200 NTU, biaya PAC sebesar Rp114/m³ atau sekitar 7,5% lebih tinggi dibandingkan Alum sebesar Rp106/m³.

Namun, selisih biaya tersebut terus menurun seiring meningkatnya kekeruhan air baku. Pada kekeruhan 300 NTU, biaya Alum mencapai Rp131/m³ sedangkan PAC Rp129/m³, sehingga biaya PAC sudah 1,5% lebih rendah dibandingkan Alum.

Pada kekeruhan 400 NTU, biaya PAC sebesar Rp144/m³ menghasilkan penghematan sebesar:

$$Efisiensi (\%) = \frac{C_{in} - C_{out}}{C_{in}} \times 100 \quad (2)$$

$$= \frac{155 - 144}{155} \times 100$$

$$= 7,1\%$$

dibandingkan biaya Alum sebesar Rp155/m³.

Pada kekeruhan 500 NTU, penggunaan PAC memberikan penghematan biaya sebesar 10,6%, sedangkan pada kekeruhan 600 NTU penghematan meningkat menjadi 14,2%.

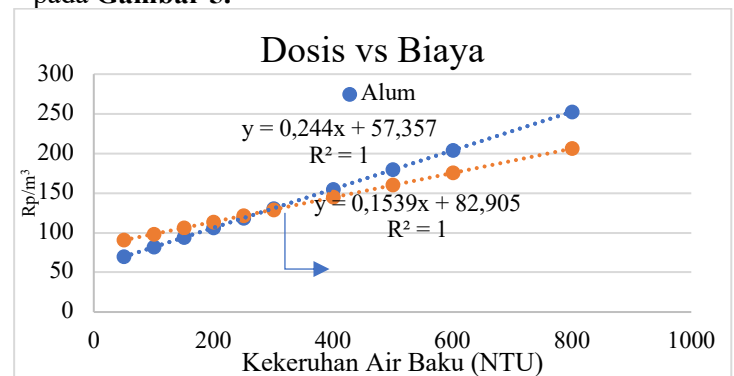
Kondisi paling efisien terjadi pada kekeruhan 800 NTU, dimana biaya Alum mencapai Rp253/m³ sedangkan PAC hanya Rp206/m³. Dengan demikian penggunaan PAC menghasilkan penghematan biaya sebesar:

$$Efisiensi (\%) = \frac{C_{in} - C_{out}}{C_{in}} \times 100$$

$$= \frac{253 - 206}{253} \times 100$$

$$= 18,65\%$$

Sedangkan untuk persamaan Regresi dapat dilihat pada **Gambar 5.**



Gambar 5. Grafik Simulasi Kekeruhan 0-800 NTU terhadap Biaya Koagulan Alum 8% dan PAC 8%.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis pemakaian koagulan di IPA PT. MJB, dapat disimpulkan bahwa:

1. Kualitas air baku Saluran Tarum Barat tahun 2025 sangat fluktuatif akibat pengaruh musim, dengan tingkat kekeruhan berkisar antara 16–1.976 NTU (rata-rata bulanan 40–343 NTU).
2. Kinerja instalasi secara umum efektif memenuhi Permenkes RI No. 2 Tahun 2023, di mana unit

- clarifier menurunkan kekeruhan menjadi 3,45–4,76 NTU, unit filter menghasilkan kekeruhan akhir 0,70–0,87 NTU, dan pH air stabil pada rentang 6,77–6,98.
3. Kekeruhan air baku berkorelasi kuat dengan dosis koagulan, ditunjukkan oleh nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9218 untuk Alum dan 0,9507 untuk PAC.
 4. Hasil *jar test* membuktikan PAC lebih efektif pada kekeruhan tinggi (> 228,49 NTU) karena mampu menghasilkan kekeruhan sisa yang lebih rendah dengan dosis yang lebih kecil dibandingkan Alum.
 5. Pada kekeruhan air baku > 300 NTU, PAC lebih efisien secara finansial dengan biaya Rp118/m³ dibandingkan Alum sebesar Rp124/m³, sehingga mampu menghemat biaya operasional sebesar Rp4,7/m³ (5,88%).
 6. Efisiensi biaya dan konsistensi mutu air produksi dapat dioptimalkan melalui penerapan dosis acuan hasil *jar test* serta pemantauan kualitas air baku secara berkala.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Ghamdi, A., dkk. (2021). "Economic Evaluation and Optimization of Coagulant Dosage in Water Treatment Plants." *Journal of Water Process Engineering*, Vol. 40, pp. 101-115.
- A. Oktavianto and F. Rosariawari, "Evaluasi penggunaan bahan kimia pada instalasi pengolahan air minum," pp. 45–52, 2024.
- Budiman, A., & Setiawan, H. (2023). "Analisis Efisiensi Biaya Operasional Bahan Kimia pada Pengolahan Air Bersih PDAM." *Jurnal Teknik Lingkungan*, Vol. 9(2), pp. 45-56.
- F. R. Spellman, *Handbook of Water and Wastewater Treatment Plant Operations*. Boca Raton: CRC Press, 2004, pp. 341–345.
- G. Tchobanoglous and F. Burton, *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*, 4th ed. New York: McGraw-Hill, 2003, pp. 120–124.
- Hendrawan, D. (2020). "Optimasi Dosis Koagulan Poly Aluminium Chloride (PAC) untuk Menurunkan Biaya Produksi Air Minum." *Jurnal Teknologi Air Bersih*, Vol. 14(1), pp. 12-23.
- Hidayat, R., & Shavitri, D. (2022). "Studi Komparasi Efisiensi Aluminium Sulfat dan Poly Aluminium Chloride (PAC) pada Pengolahan Air Bersih." *Jurnal Teknik Lingkungan*, 11(2), pp. 145–154.
- Indonesia, Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 122 Tahun 2015 tentang Sistem Penyediaan Air Minum, 2015.
- J. Wilson, *Water Clarification and Sedimentation Systems*. Oxford: Elsevier Science, 2005, pp. 88–95.
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 2 Tahun 2023 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum, 2023.
- Kumar, R., & Bhardwaj, A. (2022). "Chemical Cost Minimization in Surface Water Treatment Using Quality Productivity Metrics." *Water Resources Management*, Vol. 36(5), pp. 1895-1910.
- Lestari, S., dkk. (2024). "Penerapan Metode Metode Activity-Based Costing (ABC) dalam Menentukan Biaya Satuan Koagulan di Pengolahan Air." *Jurnal Akuntansi dan Keuangan Industri*, Vol. 5(1), pp. 77-89.
- Prasetyo, B. (2022). "Evaluasi Kinerja Unit Koagulasi-Flokulasi: Hubungan Karakteristik Air Baku dengan Nilai Ekonomis Bahan Kimia." *Jurnal Air Indonesia*, Vol. 11(3), pp. 210-222.
- Pratama, M. A., Siregar, A. H., & Hutagalung, R. (2021). "Analisis Pengaruh Fluktuasi Kekeruhan Air Baku Sungai Terhadap Dosis Koagulan di Instalasi Pengolahan Air." *Jurnal Infrastruktur dan Lingkungan*, 7(1), pp. 23–32.
- Ramadhan, F., & Fitriani, N. (2021). "Studi Komparasi Efisiensi Biaya Koagulan Aluminium Sulfat dan Poly Aluminium Chloride pada WTP Industri." *Jurnal Teknik Kimia dan Lingkungan*, Vol. 5(2), pp. 134-143.
- Ramadhani, S., & Warmadewanthi, I. (2020). "Optimasi Dosis Koagulan untuk Kekeruhan Tinggi Menggunakan Metode Jar Test dan Pemodelan Regresi." *Jurnal Purifikasi*, 18(2), pp. 89–98.
- R. Smith and J. Scott, *Water Treatment Principles and Design*, 2nd ed. New York: John Wiley & Sons, Inc., 2005, pp. 210–218.
- Santos, M., & Silva, C. (2023). "Statistical Process Control for Chemical Dosage Optimization in Water Treatment Plants." *Control Engineering Practice*, Vol. 121, pp. 105-118.
- Sutapa, I. A. (2018). "Evaluasi Kinerja Unit Koagulasi-Flokulasi-Sedimentasi dalam Menurunkan Kekeruhan dan Zat Organik Air Permukaan." *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 19(1), pp. 55–64.
- Wahyudi, E., Lestari, S., & Nugroho, A. (2023). "Efisiensi Tekno-Ekonomi Penggunaan Poly Aluminium Chloride (PAC) dalam Pengolahan Air Minum pada Skala Industri." *Jurnal Riset Teknologi Industri*, 17(1), pp. 72–81
- Wibowo, T. (2025). "Analisis Efisiensi Penggunaan Bahan Coagulant Aid untuk Menekan Biaya Koagulan Utama pada IPA Kapasitas Besar." *Jurnal Infrastruktur dan Lingkungan*, Vol. 7(1), pp.

33-45.

Zhang, Y., dkk. (2022). "*Data-Driven Chemical Cost Optimization in Municipal Wastewater and Drinking Water Treatment.*" *Water Research*, Vol. 215, pp. 118-132.