

# PENGARUH VARIASI DOSIS PAC TERHADAP PENURUNAN KADAR TSS DAN TURBIDITY PADA PENGOLAHAN LIMBAH CAIR PABRIK GULA SECARA KOAGULASI DAN FLOKULASI

Hani Dwi Setyowinanti dan Luchis Rubianto

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang 65141, Indonesia  
hanidwi207@gmail.com; [luchis.rubianto@polinema.ac.id]

## ABSTRAK

Pelepasan limbah cair industri gula secara langsung ke lingkungan tanpa pengolahan yang memadai dapat menyebabkan dampak kerusakan yang cukup serius. Metode koagulasi flokulasi sering digunakan untuk mengatasi masalah ini, dan dosis koagulan yang tepat sangat penting dalam efisiensi prosesnya. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis bagaimana berbagai dosis dari Poly Aluminium Chloride (PAC) memengaruhi pengurangan nilai total suspended solid (TSS) dan kekeruhan (*turbidity*) pada limbah cair tersebut, serta menemukan dosis PAC yang paling efektif sebagai alternatif pengganti koagulan ACME Chemical Z1393. Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan eksperimen dalam skala laboratorium menggunakan jar test kit dengan variabel utama yang diuji adalah dosis PAC yaitu mulai dari 1000 ppm hingga 8000 ppm. Sampel limbah cair yang digunakan diambil dari kolam adjustment pond salah satu pabrik gula di Indonesia. Proses koagulasi flokulasi meliputi pengadukan cepat (120 rpm selama 15 menit), pengadukan lambat (30 rpm selama 5 menit), serta proses pengendapan selama 30 menit sebelum dilakukan analisis *turbidity* dan TSS. Peningkatan dosis PAC dalam penelitian ini secara signifikan menurunkan kadar *turbidity* dan TSS pada limbah cair dengan efisiensi tertinggi pada dosis 8000 ppm, yaitu 85,17% untuk *turbidity* dan 81,72% untuk TSS. Dibandingkan dengan koagulan ACME Chemical Z1393 yang memiliki efisiensi penurunan *turbidity* sebesar 84,80% dan TSS sebesar 76,53%, PAC pada dosis 8000 ppm tersebut dapat digunakan sebagai alternatif pengganti yang lebih efektif dari koagulan ACME Chemical Z1393 namun perlu adanya pertimbangan dari aspek ekonomi karena dosis PAC yang tinggi dapat meningkatkan biaya operasional.

**Kata kunci:** limbah cair industri gula, koagulasi-flokulasi, PAC, TSS, *turbidity*

## ABSTRACT

The release of sugar industry effluent directly into the environment without adequate treatment can cause serious damage. Coagulation-flocculation method is often used to address this problem, and the right coagulant dosage is crucial in the efficiency of the process. This study aims to analyze how various doses of poly aluminum chloride (PAC) affect the reduction of total suspended solids (TSS) and turbidity values in the wastewater effluent, and find the most effective dose of PAC as an alternative to ACME Chemical Z1393 coagulant. This study was conducted using an experimental approach on a laboratory scale with a jar test kit, where the main variable tested was the PAC dosage, ranging from 1000 ppm to 8000 ppm. The effluent samples used were taken from the adjustment pond of one of the sugar factory in Indonesia. The coagulation-flocculation process include rapid mixing (120 rpm for 15 minutes), slow mixing (30 rpm for 5 minutes), and a settling process for 30 minutes before turbidity and TSS analysis. Increasing the PAC dosage in this study significantly reduced turbidity and TSS levels in the wastewater, with the highest efficiency at a dosage of 8000 ppm, achieving 85.17% for turbidity and 81.72% for TSS. Compared to the ACME Chemical Z1393 coagulant, which has a turbidity reduction efficiency of 84.80% and TSS of 76.53%, PAC at a dose of 8000 ppm can be used as a more effective alternative to the ACME Chemical



Z1393 coagulant; however, economic considerations are necessary because the high PAC dose can increase operational costs.

**Keywords:** sugar industry effluent, coagulation-flocculation, PAC, TSS, turbidity

## 1. PENDAHULUAN

Industri gula memegang peranan penting dalam sektor ketahanan pangan nasional karena posisinya yang strategis dalam memenuhi kebutuhan pokok masyarakat. Sepertihalnya industri lainnya, industri gula ini juga menghasilkan limbah dari proses produksi yang dijalankan selama pabrik beroperasi dalam jumlah yang tinggi, salah satunya yaitu kategori limbah cair yang mengandung bahan pencemar baik itu organik maupun anorganik. Limbah tersebut jika tidak diolah terlebih dahulu maka dapat mencemari lingkungan sekitar, karena diperkirakan terdapat sekitar 85% dari limbah yang dihasilkan akan masuk ke perairan dan berdampak pada keseimbangan ekosistem air serta proses *self purification* menjadi tidak berjalan seimbang [1]. Dampak pencemaran inilah yang perlu diminimalisir baik melalui aturan pemerintah yang berlaku maupun pengembangan teknologi pengolahan limbah yang lebih efektif dan efisien.

Ditinjau dari Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan (PERMEN LHK) Republik Indonesia Nomor 03 Tahun 2010 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Kawasan Industri, kadar TSS maksimum pada air limbah yang diizinkan adalah 150 mg/L, kadar BOD maksimum yang diizinkan sebesar 50 mg/L, kadar COD maksimum yang diizinkan sebesar 100 mg/L, dan rentang pH yang diizinkan adalah 6 – 9. Sehingga jika nilai dari parameter – parameter yang tersebut melebihi angka yang telah ditentukan, harus dilakukan pengolahan terlebih dahulu untuk menurunkan tingkat pencemaran air limbah sehingga meminimalkan dampak yang akan ditimbulkan terhadap ekosistem dan lingkungan [2].

Pada unit pengolahan limbah yang ada di salah satu pabrik gula di Indonesia, pengolahan limbah cair melibatkan tahapan kimiawi khususnya dengan metode koagulasi dan flokulasi dengan menggunakan koagulan ACME Chemical Z1393 dengan dosis 1500 ppm dan flokulan kationik dengan dosis 1000 ppm. Koagulasi sendiri adalah proses destabilisasi koloid dalam air limbah melalui penambahan bahan-bahan kimia sehingga terjadi gaya tarik menarik antara padatan tersuspensi (bermuatan negatif) dengan koagulan (bermuatan positif) yang disebabkan karena adanya pengadukan cepat sehingga terbentuk gumpalan (flok) [3]. Adanya proses pengadukan cepat ini sangat penting untuk memastikan distribusi zat kimia (koagulan) ke dalam limbah yang diolah optimal sehingga proses koagulasi dapat berlangsung lebih cepat [4]. Sedangkan flokulasi adalah tahapan untuk memperbesar gumpalan (flok) yang sudah terbentuk ketika proses koagulasi dengan cara pengadukan lambat. Proses pengadukan lambat dirancang untuk membantu partikel-partikel flok bergabung menjadi ukuran yang lebih besar dan lebih berat. Kondisi ini sangat penting dalam mempercepat proses pengendapan serta menjaga konsistensi flok dikarenakan flok yang berukuran besar akan sangat rentan pecah jika terkena kecepatan yang tinggi.

Pada tahapan pemurnian air limbah yang melibatkan proses koagulasi flokulasi, dosis koagulan yang digunakan sangat berperan penting dalam menentukan keberhasilan proses tersebut serta sangat dibutuhkan agar proses koagulasi dapat berlangsung secara optimal. Penggunaan dosis koagulan yang terlalu sedikit akan menyebabkan tidak terbentuknya flok

pada air limbah yang diolah sedangkan penambahan koagulan yang terlalu besar juga akan membuat flok yang telah terbentuk menjadi tidak sempurna karena terjadi perubahan pH air limbah yang cukup signifikan [5]. Selain itu penggunaan koagulan yang berlebihan juga menyebabkan flok yang sudah terbentuk menjadi rusak sehingga proses koagulasi menjadi lebih sulit [6].

Dalam proses koagulasi flokulasi, peran utama koagulan adalah untuk membantu partikel-partikel halus bergabung membentuk flok atau gumpalan yang lebih besar. Ini sangat penting untuk mempermudah proses pemisahan partikel tersebut melalui pengendapan. Sebagai contoh, *Poly aluminium chloride* (PAC) sering menjadi pilihan yang populer sebagai agen koagulan karena efektivitasnya yang tinggi, kemudahan dalam aplikasinya, dan jangkauan pH operasinya yang luas. PAC unggul dalam membentuk flok yang cenderung lebih cepat karena muatan positifnya yang tinggi, sehingga mampu menetralkan muatan koloid dan secara efektif mengurangi kadar polutan dalam limbah cair [7], [8]. Berdasarkan studi, penggunaan PAC terbukti signifikan dalam menurunkan nilai COD air limbah dari 352,3 mg/L menjadi 10 mg/L, mengurangi nilai BOD air limbah dari 211,4 mg/L menjadi 59 mg/L, dan mengurangi nilai TSS dari 1200 mg/L menjadi 100 mg/L [9]. Selain itu, penggunaan koagulan PAC juga dapat menurunkan nilai *turbidity* hingga 83,78% [10].

Mengingat akan pentingnya penanganan pada limbah cair, penelitian ini akan berfokus pada pengolahan limbah cair dari salah satu pabrik gula di Indonesia. Dalam hal ini, pendekatan yang digunakan adalah proses koagulasi flokulasi dengan memanfaatkan *poly aluminium chloride* (PAC) sebagai koagulannya, sehingga dengan metode tersebut, penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk menganalisis bagaimana berbagai dosis dari Poly Aluminium Chloride (PAC) memengaruhi pengurangan nilai total suspended solid (TSS) dan kekeruhan (*turbidity*) pada limbah cair tersebut, serta menemukan dosis PAC paling efektif sebagai alternatif pengganti koagulan ACME Chemical Z1393 yang masih jarang ditemui.

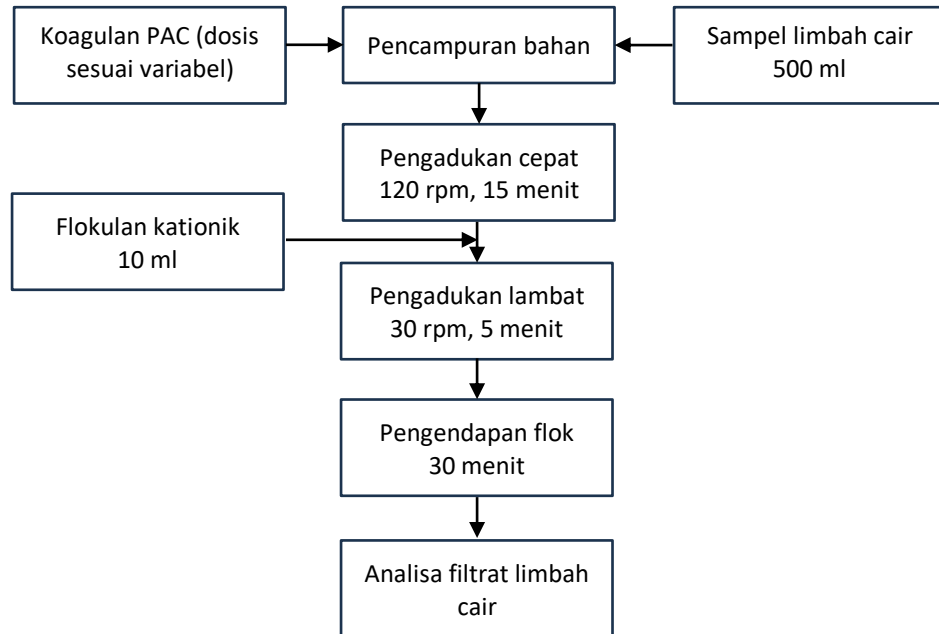
## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penelitian ini, limbah cair salah satu industri gula di Indonesia diolah dengan metode koagulasi-flokulasi, sebuah proses kimia yang melibatkan koagulan *poly aluminium chloride* (PAC). Penelitian ini dirancang secara eksperimental, dimana variasi dosis PAC dari 1000 ppm hingga 8000 ppm diuji untuk mengidentifikasi dosis paling efektif dalam mengurangi TSS dan *turbidity* air limbah. Pengujian dilakukan skala laboratorium dengan menggunakan *jar test kit*, menggunakan sampel limbah yang diambil dari kolam *adjustment pond* unit pengolahan limbah salah satu pabrik gula di Indonesia. Sampel limbah cair yang digunakan tersebut dilakukan pengujian TSS dan *turbidity* baik sebelum dilakukan proses pengolahan maupun sesudah dilakukan proses pengolahan serta dilakukan pengkondisian pH limbah hingga netral ( $\pm$ pH 7) sebelum dilakukan pengolahan secara koagulasi flokulasi.

### 2.1. Koagulasi Flokulasi

Proses pengolahan limbah cair dilakukan dengan mengambil 500 ml sampel yang telah diatur pH nya menjadi netral, kemudian didistribusikan ke dalam empat *beaker glass* berukuran 500 ml. Larutan *poly aluminium chloride* (PAC) ditambahkan ke setiap *beaker* sesuai dengan dosis yang divariasikan. Tahap pertama, sampel diaduk cepat selama 5 menit dengan kecepatan 120 rpm menggunakan *jar test* untuk mengoptimalkan kontak antara koagulan dan partikel limbah. Setelah itu, 10 ml flokulan kationik ditambahkan dengan

diikuti pengadukan lambat pada 30 rpm selama 5 menit untuk mendorong pembentukan dan pembesaran flok. Proses pengendapan kemudian berlangsung selama 30 menit untuk memastikan flok mengendap secara maksimal. Setelah pengendapan, endapan padat dan cairan (filtrat) limbah dipisahkan untuk kemudian filtrat yang ditampung diukur kadar TSS dan tingkat *turbidity* nya. Diagram alir proses koagulasi flokulasi ini dapat dilihat pada Gambar 1 berikut:



**Gambar 1.** Skema kerja proses koagulasi flokulasi

## 2.2. Analisis Limbah Cair

Sampel limbah cair dilakukan proses analisa untuk parameter TSS dan *turbidity* baik pada sampel sebelum dilakukan proses koagulasi flokulasi maupun pada sampel setelah dilakukan proses koagulasi flokulasi.

### a. Analisis *turbidity*

*Turbidity* atau kekeruhan adalah kondisi yang umumnya timbul karena keberadaan partikel-partikel halus atau koloid dengan rentan ukuran 10 nanometer sampai 10 mikrometer dan diukur dengan menggunakan turbidimeter. Pengujian *turbidity* dapat dilakukan dengan memasukkan sampel air limbah ke dalam kuvet hingga penuh kemudian kuvet ditutup. Kemudian bagian permukaan luar dari kuvet dibersihkan dengan menggunakan tisu untuk membersihkan kotoran yang dapat mengganggu pembacaan nilai *turbidity* sampel air limbah. Kuvet selanjutnya dimasukkan ke dalam turbidimeter untuk dilakukan pembacaan nilai *turbidity* nya.

### b. Analisis TSS

*Total suspended solid* (TSS) merujuk pada keseluruhan partikel atau material padat yang tidak terlarut, melainkan tersuspensi di dalam sampel air limbah. Pengukuran kadar TSS ini dilakukan dengan menggunakan *spektrofotometer UV-Vis* dengan memilih program *suspended solid* pada menu favorite program dan menggunakan kuvet 1 inch.

### 2.3. Data Hasil Penelitian

Data yang diperoleh dari proses koagulasi flokulasi dapat dilihat pada Tabel 1 berikut:

**Tabel 1.** Konsentrasi polutan pada sampel air limbah sebelum dan setelah proses koagulasi flokulasi

Jenis Koagulan	Parameter	
	Turbidity (ppm)	TSS (ppm)
ACME Chemical Z1393	103,5	303
Blanko	681	1291
PAC 1000 ppm	585	797
PAC 2000 ppm	243	442
PAC 3000 ppm	135	287
PAC 4000 ppm	203	376
PAC 5000 ppm	142	290
PAC 6000 ppm	125	271
PAC 7000 ppm	133	285
PAC 8000 ppm	101	236

### 2.4. Perhitungan Efisiensi Penurunan

Perhitungan efisiensi penurunan bertujuan untuk mengetahui seberapa maksimal proses koagulasi flokulasi yang telah dilakukan dalam mengurangi konsentrasi polutan (TSS dan *turbidity*) yang ada di dalam sampel limbah cair. Efisiensi penurunan ini dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (1) sebagai berikut:

$$Efisiensi = \frac{(a-b)}{a} \times 100 \quad (1)$$

Dimana : a = konsentrasi polutan sebelum dilakukan koagulasi flokulasi

b = konsentrasi polutan setelah dilakukan koagulasi flokulasi

Hasil perhitungan nilai efisiensi pengolahan limbah cair yang telah diproses secara koagulasi flokulasi dapat dilihat pada Tabel 2 berikut:

**Tabel 2.** Nilai efisiensi pengolahan limbah cair secara koagulasi flokulasi

Jenis Koagulan	Efisiensi	
	Turbidity (%)	TSS (%)
ACME Chemical Z1393	84,80	76,53
PAC 1000 ppm	14,10	38,26
PAC 2000 ppm	64,32	65,76
PAC 3000 ppm	80,18	77,77
PAC 4000 ppm	70,19	70,88
PAC 5000 ppm	79,15	77,54
PAC 6000 ppm	81,64	79,01
PAC 7000 ppm	80,47	77,92
PAC 8000 ppm	85,17	81,72

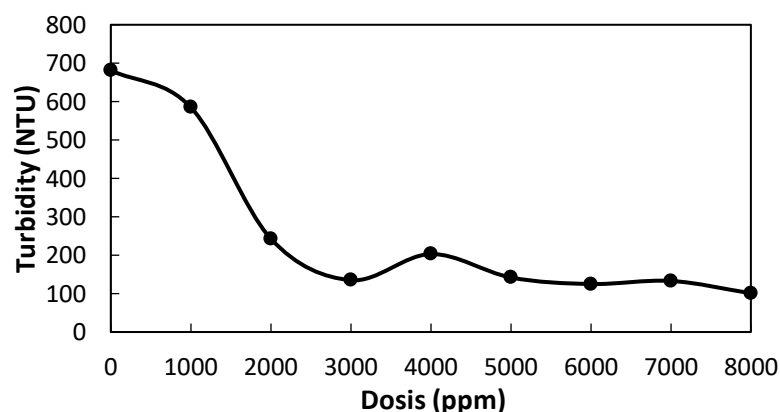
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Pengaruh Dosis Penambahan PAC Terhadap Nilai *Turbidity*

*Turbidity* atau kekeruhan didefinisikan sebagai kemampuan air dalam menyerap atau memantulkan cahaya akibat adanya partikel-partikel yang ada di dalam air [11]. Penyebab kekeruhan ini sangat bervariasi yang meliputi keberadaan berbagai material tersuspensi ataupun terlarut. Ini termasuk substansi organik seperti lumpur, pasir halus, dan senyawa kimia anorganik, serta komponen organik seperti plankton dan beragam mikroorganisme lainnya [12]. Tingkat kekeruhan akan berkorelasi dengan nilai TDS dan juga TSS dimana peningkatan total padatan yang ada dalam limbah cair akan berbanding lurus dengan nilai kekeruhan [11]. Pengukuran nilai kekeruhan tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan turbidimeter, yang bekerja dengan prinsip pemanfaatan cahaya untuk menilai kondisi air (dalam hal ini limbah cair) dan hasilnya dinyatakan dalam satuan NTU (*Nephelometrix Turbidity Unit*) atau FTU (*Formazin Turbidity Unit*).



**Gambar 2.** Perbandingan visual *turbidity* hasil penelitian



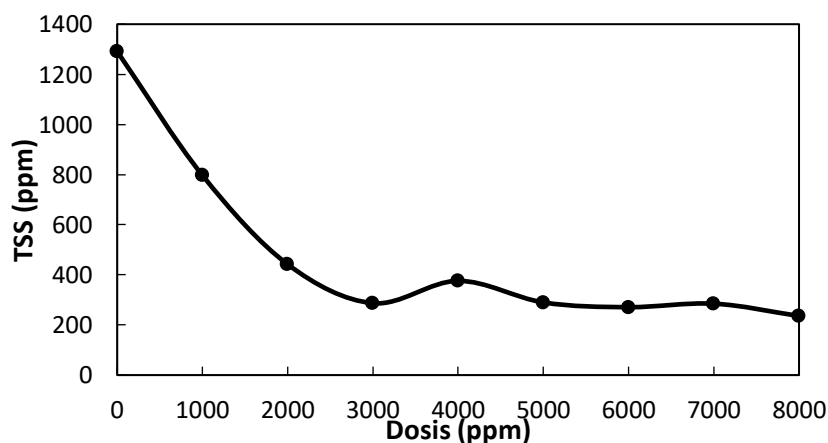
**Gambar 3.** Grafik pengaruh dosis PAC terhadap nilai *turbidity*

Limbah cair yang diolah secara koagulasi flokulasi menunjukkan hasil yang semakin baik seiring dengan bertambahnya dosis PAC yang digunakan. Hal ini dibuktikan dengan semakin jernihnya limbah yang diolah apabila dilihat secara langsung dengan mata, seperti pada Gambar 2 diatas. Sedangkan berdasarkan pengujian yang dilakukan, hasil pengolahan limbah cair secara koagulasi dapat dilihat pada Gambar 3. Gambar 3 tersebut menampilkan grafik yang menggambarkan pengaruh antara dosis PAC yang ditambahkan ke dalam limbah cair dengan nilai *turbidity*. Dari grafik tersebut terlihat bahwa nilai *turbidity* memiliki kecenderungan yang turun seiring dengan bertambahnya dosis PAC yang digunakan. Penurunan ini terjadi karena PAC berperan sebagai koagulan yang mampu menangkap zat pencemar sehingga membentuk gumpalan (flok) yang lebih mudah untuk dipisahkan dari air limbah [13]. Selain itu, penggunaan PAC dalam pengolahan limbah cair dapat mengurangi kekeruhan melalui mekanisme di mana partikel koloid yang bermuatan negatif dalam air limbah akan bereaksi dengan muatan positif pada PAC. Melalui interaksi ini, gaya *Van Der Waals* akan terjadi sehingga menyebabkan partikel-partikel kecil mulai bergabung membentuk inti flok. Inti flok ini selanjutnya akan berkembang menjadi gumpalan yang lebih besar dan mempermudah proses pengendapan [14, 15].

Pada penelitian ini, penurunan nilai *turbidity* paling tinggi terjadi pada dosis PAC 8000 ppm dan penurunan paling rendah terjadi pada dosis PAC 1000 ppm. Nilai *turbidity* juga sempat mengalami kenaikan pada dosis 4000 ppm dan 7000 ppm. Kenaikan ini disebabkan karena kurang maksimalnya proses flokulasi yang terjadi sehingga masih terdapat flok-flok kecil yang membuat nilai dari *turbidity* mengalami kenaikan karena sulit diendapkan. Selain itu, adanya gaya elektrostatis yang besar juga dapat mengakibatkan kerusakan ikatan flok yang telah terbentuk sehingga flok-flok tersebut menjadi rusak dan terpecah kembali [16].

### 3.2. Pengaruh Dosis Penambahan PAC Terhadap Nilai TSS

*Total Suspended Solid* (TSS) mengacu pada total partikel padat yang tersuspensi di dalam air limbah. Ini berfungsi sebagai indikator penting kualitas air dan diukur dalam satuan mg/L atau ppm. Tingginya padatan tersuspensi dapat menurunkan kejernihan air dan menghalangi masuknya cahaya matahari sehingga dapat berdampak negatif. Oleh karena itu, sangat penting untuk memastikan bahwa kadar TSS telah memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan sebelum limbah dibuang ke lingkungan guna mencegah gangguan terhadap aktivitas biota air.



**Gambar 4.** Grafik pengaruh dosis PAC terhadap nilai TSS

Gambar 4 merupakan grafik yang menunjukkan hubungan dari dosis PAC terhadap kadar TSS. Pada gambar tersebut menunjukkan bahwa nilai TSS pada air limbah cenderung mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya dosis PAC. Koagulasi dengan koagulan PAC efektif dalam menurunkan nilai TSS melalui mekanisme interaksi antara PAC dengan zat-zat pencemar. Interaksi ini akan menyebabkan zat pencemar dalam air limbah akan terikat oleh koagulan sehingga partikel yang sebelumnya stabil menjadi tidak stabil. Ketidakstabilan yang terjadi ini akan memicu partikel-partikel untuk saling tarik-menarik dan membentuk gumpalan (flok) yang selanjutnya akan mengendap. Gumpalan inilah yang berperan dalam mengurangi jumlah padatan tersuspensi (TSS) dalam air limbah [10].

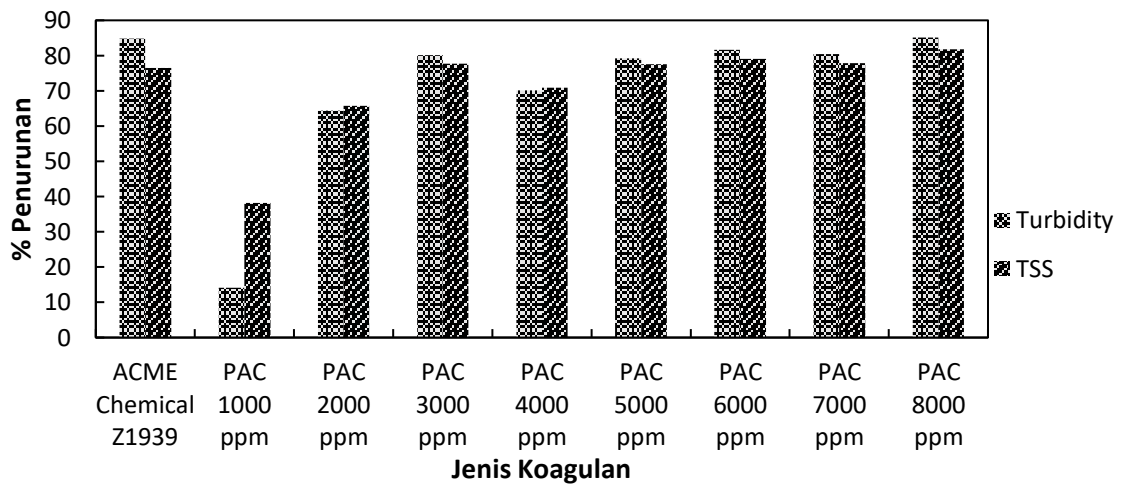
Pada penelitian ini, penurunan jumlah TSS yang paling tinggi terdapat pada dosis 8000 ppm dan yang paling rendah pada dosis 1000 ppm. Sama seperti pada nilai *turbidity*, pada dosis 4000 dan 7000 ppm nilai TSS juga mengalami kenaikan dari dosis sebelumnya. Peningkatan ini diakibatkan oleh padatan tersuspensi yang belum sepenuhnya terendapkan yang kemungkinan besar disebabkan oleh waktu pengendapan yang kurang optimal [17]. Selain itu, kenaikan nilai TSS juga dapat terjadi akibat restabilisasi partikel koloid, yaitu proses dimana muatan dari partikel koloid mengalami pembalikan. Ketika dosis yang diberikan berlebihan, partikel yang awalnya bermuatan negatif akan menyerap kelebihan tersebut dan muatannya akan berubah menjadi positif. Hal ini menyebabkan partikel dengan muatan yang sama saling tolak-menolak, sehingga menghambat pembentukan flok yang lebih besar. Dampaknya, kekeruhan dan kadar TSS dalam sampel akan meningkat kembali [16]. Selain itu, peningkatan TSS ini juga dapat diakibatkan oleh dosis koagulan yang melebihi batas optimal sehingga kemampuan untuk menetralkan muatan menjadi terganggu atau tidak lagi efektif. Hal ini menyebabkan flok yang telah terbentuk pecah kembali karena interaksi dengan ion sejenis. [15].

### 3.3. Perbandingan penggunaan koagulan PAC dengan ACME Chemical Z1393

Penggunaan PAC sebagai koagulan dalam pengolahan limbah secara koagulasi flokulasi dinilai berhasil apabila dapat menurunkan kandungan polutan yang ada di dalam air limbah secara maksimal. Keberhasilan tersebut dapat dilihat dengan menghitung efisiensinya, yang dinyatakan dalam persen (%). Pada penelitian ini, hasil penurunan nilai *turbidity* dan TSS dapat dilihat pada Gambar 5 dibawah ini. Pada gambar tersebut dapat dilihat bahwa penurunan yang paling tinggi terdapat pada dosis PAC 8000 ppm dan yang paling rendah pada dosis 1000 ppm. Hal ini menandakan bahwa semakin tinggi dosis PAC yang digunakan maka semakin baik pula proses pengikatan kotoran pada proses koagulasi flokulasi yang dilakukan. Namun disamping itu, penggunaan dosis PAC yang tinggi tersebut juga akan mengakibatkan bertambahnya *cost* karena penggunaannya dalam jumlah yang besar untuk mencapai dosis yang diinginkan.

Pengolahan limbah cair di salah satu pabrik gula di Indonesia sendiri, khususnya dengan metode koagulasi flokulasi, telah dilakukan dengan menggunakan jenis koagulan ACME Chemical Z1393 dengan dosis 1500 ppm. Pengolahan ini dapat menurunkan nilai *turbidity* dan TSS sebesar 84,80% dan 76,53% dimana nilai tersebut sedikit lebih rendah jika dibandingkan dengan penggunaan koagulan jenis PAC pada dosis 8000 ppm yang dapat menurunkan nilai *turbidity* dan TSS sebesar 85,17% dan 81,72%. Sehingga dari hasil tersebut, untuk memaksimalkan proses pemisahan kandungan polutan pada air limbah maka koagulan jenis PAC dengan dosis 8000 ppm dapat menjadi alternatif pengganti

koagulan ACME Chemical Z1393 namun dengan catatan bahwa *cost* yang digunakan akan semakin besar. Sehingga perlu adanya proses treatment terlebih dahulu seperti filtrasi, pada air limbah yang masih mengandung banyak polutan sebelum dilakukan proses koagulasi flokulasi dengan tujuan untuk mengurangi polutan tersebut sehingga penggunaan koagulan PAC menjadi lebih rendah.



**Gambar 5.** Penurunan nilai *turbidity* dan TSS pada sampel limbah cair

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan yang dapat diambil yaitu semakin tinggi dosis PAC yang digunakan pada proses pengolahan limbah cair secara koagulasi flokulasi, semakin baik pula air limbah yang dihasilkan. Hal ini ditandai dengan semakin turunnya nilai *turbidity* dan TSS pada air limbah yang dilakukan pengolahan. Penggunaan koagulan jenis PAC dengan dosis 8000 ppm memiliki hasil penurunan yang paling baik yaitu sebesar 85,17% untuk *turbidity* dan 81,72% untuk TSS. Dengan hasil tersebut maka koagulan PAC dapat digunakan sebagai alternatif pengganti untuk koagulan ACME Chemical Z1393 yang memiliki hasil penurunan sebesar 84,80% untuk *turbidity* dan 76,53% untuk TSS namun dengan catatan bahwa penggunaan koagulan PAC tersebut dapat meningkatkan *cost* atau biaya yang dibutuhkan karena dengan dosis yang tinggi akan membutuhkan lebih banyak koagulan PAC.

Untuk pengembangan penelitian ini lebih lanjut, saran yang dapat dipertimbangkan yaitu dilakukan proses pengolahan tambahan atau proses *pretreatment* pada air limbah yang akan dilakukan proses pengolahan secara koagulasi flokulasi. Proses *pretreatment* ini dapat berupa proses penyaringan (filtrasi) ataupun proses lainnya yang bertujuan untuk mengurangi jumlah polutan atau padatan tersuspensi yang ada di dalam air limbah sehingga proses koagulasi flokulasi akan lebih ringan dan penggunaan PAC menjadi lebih sedikit.

#### REFERENSI

- [1] M. Pungus, S. Palilingan, dan F. Tumimomor, "Penurunan kadar BOD dan COD dalam limbah cair laundry menggunakan kombinasi adsorben alam sebagai media filtrasi," *Fullerene Journal of Chemistry*, vol. 4, no. 2, hal. 54–60, 2019.

- [2] A. M. Purba, M. W. Lestari, I. Imnadir, M. Sari, H. Silitonga, dan J. Siburian, "Sistem Pendeteksian Air Limbah Cair Industri," *Jurnal Darma Agung*, vol. 32, no. 1, hal. 483–493, 2024.
- [3] Prayitno, Susanto, B. Widiono, dan A. Budiono, *Pedoman Praktikum Pengolahan Limbah*. 2019.
- [4] S. F. Ekoputri, A. Rahmatunnissa, F. Nulfaidah, Y. Ratnasari, M. Djaeni, dan D. A. Sari, "Pengolahan Air Limbah dengan Metode Koagulasi Flokulasi pada Industri Kimia," *Jurnal Serambi Engineering*, vol. 9, no. 1, hal. 7781–7787, 2024.
- [5] M. R. Romadhon dan D. Sunarto, "The Effectivity Rate of the Type of Coagulant and Its Dosage to the Reduction of Leather Tanning Chromium Amount," *Jurnal Kimia Dasar*, vol. 6, hal. 35–41, 2017.
- [6] R. P. Dwidewitra, M. Huda, dan T. A. Rachmanto, "Pengaruh Konsentrasi Koagulan Terhadap Proses Pengolahan Air Di PDAM Surya Sembada Kota Surabaya," *Globe: Publikasi Ilmu Teknik, Teknologi Kebumihan, Ilmu Perkapalan*, vol. 2, no. 2, hal. 145–153, 2024.
- [7] U. M. Sutopo, E. Fariza, L. Sartika, dan R. Desmiarti, "Optimasi Penghilangan COD dan Warna dengan Proses Koagulasi, Flokulasi dan Sedimentasi untuk Pengolahan Air Limbah Industri Kertas," *Journal of Research on Chemistry and Engineering*, vol. 6, no. 2, hal. 52–57, 2025.
- [8] Z. Rahimah, H. Heldawati, dan I. Syauiqiah, "Pengolahan Limbah Deterjen dengan Metode Koagulasi-Flokulasi Menggunakan Koagulan Kapur dan PAC," *Konversi*, vol. 5, no. 2, hal. 13, 2018.
- [9] A. D. Radityaningrum, J. Caroline, T. Lingkungan, I. T. Adhi, T. Surabaya, dan T. Sipil, "Penurunan BOD5, COD, dan TSS pada Limbah Cair Industri Batik dengan Koagulan PAC pada Proses Koagulasi Flokulasi," *Jurnal Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan.*, vol. 5, no. 1, hal. 55–60, 2017.
- [10] P. S. Sari dan K. Sa'diyah, "Pengaruh Rasio Penambahan Koagulan PAC pada Pengolahan Limbah Cair Pusat Perbelanjaan Secara Koagulasi Flokulasi," *Distilat: Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 10, no. 1, hal. 205–218, 2024.
- [11] M. I. Prameswara dan K. Sa'diyah, "Pengaruh Rasio Penambahan Aluminium Sulfat ( $Al_2(SO_4)_3$ ) pada Pengolahan Limbah Cair Pusat Perbelanjaan Secara Koagulasi-Flokulasi," *Distilat: Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 10, no. 1, hal. 219–232, 2024.
- [12] R. Fitriyanti, "Penggunaan Aluminium Sulfat untuk Menurunkan Kekeruhan dan Warna pada Limbah Cair Stockpile Barubara dengan Metode Koagulasi dan Flokulasi," *Jurnal Redoks*, vol. 2, no. 1, hal. 42–47, 2017.
- [13] C. D. Prianti dan S. Hadianoro, "Pengaruh Penambahan PAC Terhadap Tingkat Kekeruhan pada Proses Penjernihan Air Sungai di Perumda Delta Tirta-Sidoarjo," *Distilat: Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 8, no. 3, hal. 526–531, 2022.
- [14] A. Budiman, C. Wahyudi, W. Irawati, dan H. Hindarso, "Kinerja Koagulan Poly Aluminium Chloride (PAC) dalam Penjernihan Air Sungai Kalimas Surabaya Menjadi Air Bersih," *Widya Teknik*, vol. 7, no. 1, hal. 25–34, 2017.
- [15] I. Fatma, A. Budiono, dan R. Baskoro, "Penentuan Dosis Optimum Koagulan Aluminium Sulfat Unit Dissolved Air Flotation Waste Water Treatment Plant PT Kawasan Industri Intiland," *Distilat: Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 8, no. 1, hal. 169–175, 2022.

- [16] U. R. S. Arifin, M. M. E. Jadid, dan B. Widiono, "Pengolahan Limbah Air Asam Tambang Emas dengan Proses Netralisasi Koagulasi-Flokulasi," *Distilat: Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 5, no. 2, hal. 112–120, 2019.
- [17] A. Zakaria, S. Sauri, D. M. Fadela, dan P. S. A. Wardhani, "Efisiensi Penurunan Kadar COD, TS, TSS, Kekeruhan, dan TDS pada Air Limbah Industri Pangan menggunakan Koagulan Poly Aluminium Chloride dengan metode Jar Test," *Warta Akab*, vol. 45, no. 2, hal. 98–104, 2021.