

# Teknologi Kombinasi Koagulasi Mekanik dan Flokulasi *Hydrocyclone* Dalam Menyisihkan TSS dan Kekeruhan Pada Limbah Cair Pengolahan Ikan

Fajar Shufi Fauzianto, Firra Rosariawari\*

Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur, Surabaya

\*Koresponden email: firra.tl@upnjatim.ac.id

Diterima: 31 Juli 2025

Disetujui: 5 Agustus 2025

## Abstract

This study aims to optimize the process of mechanical coagulation and flocculation using a hydrocyclone to reduce Total Suspended Solids (TSS) and turbidity in wastewater from the fish processing industry. Wastewater from this sector is known to contain relatively high levels of TSS and turbidity, requiring proper treatment to meet the applicable quality standards. The coagulation process is carried out mechanically by adding Poly Aluminium Chloride (PAC) as a coagulant, followed by a flocculation process using a hydrocyclone device that utilizes centrifugal force to separate particles. This study investigates the effect of varying hydrocyclone diameters (15 cm and 20 cm), flow rates (5, 10, and 15 L/min), and PAC dosages (20, 40, 60, and 80 mL) on the removal efficiency of TSS and turbidity. The results show that the combination of a 15 cm diameter, 15 L/min flow rate, and 80 mL PAC dosage achieved the highest removal efficiencies for TSS and turbidity, at 83.2% and 90.1%, respectively, approaching the regulatory limits. This research demonstrates that the combination of mechanical coagulation and hydrocyclone-based flocculation is an efficient treatment method and feasible for industrial scale application.

**Keywords:** *hydrocyclone, mechanical coagulation, tss, turbidity, pac*

## Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan proses koagulasi mekanik dan flokulasi menggunakan *hydrocyclone* dalam menurunkan Total Suspended Solids (TSS) dan kekeruhan pada limbah cair industri pengolahan ikan. Limbah cair dari sektor ini diketahui memiliki kadar TSS dan kekeruhan yang cukup tinggi, sehingga perlu dilakukan pengolahan agar memenuhi baku mutu yang berlaku. Proses koagulasi dilakukan secara mekanik dengan penambahan koagulan Poly Aluminium Chloride (PAC), kemudian dilanjutkan dengan proses flokulasi menggunakan alat *hydrocyclone* yang memanfaatkan gaya sentrifugal untuk pemisahan partikel. Penelitian ini mengkaji pengaruh variasi diameter *hydrocyclone* (15 cm dan 20 cm), debit aliran (5, 10, dan 15 L/menit), serta dosis PAC (20, 40, 60, dan 80 mL) terhadap efisiensi penyisihan TSS dan kekeruhan. Hasil menunjukkan bahwa kombinasi diameter 15 cm, debit 15 L/menit, dan dosis PAC 80 mL memberikan efisiensi penyisihan TSS dan kekeruhan tertinggi, masing-masing sebesar 83,2% dan 90,1%, yang mendekati baku mutu. Penelitian ini menunjukkan bahwa kombinasi koagulasi mekanik dan flokulasi *hydrocyclone* dapat menjadi metode pengolahan yang efisien dan layak diterapkan pada skala industri.

**Kata Kunci:** *hydrocyclone, koagulasi mekanik, tss, kekeruhan, pac*

## 1. Pendahuluan

Air bersih merupakan kebutuhan dasar yang sangat penting bagi kehidupan manusia, akan tetapi ketersediaannya semakin terbatas akibat pertumbuhan penduduk dan perkembangan industri. Untuk mengatasi hal tersebut perlu adanya pengembangan metode pengolahan air yang efektif dan efisien, salah satunya adalah metode koagulasi-flokulasi yang banyak digunakan untuk mereduksi parameter *Total Suspended Solid* (TSS) dan kekeruhan karena kemampuannya dalam membentuk flok yang dapat mengendapkan partikel padatan [1]. Proses ini terdiri dari dua tahapan diantaranya tahap koagulasi, yaitu pencampuran koagulan ke dalam air, dan tahap flokulasi yaitu tahap pembentukan flok yang lebih besar melalui prinsip gaya van der Waals agar mudah mengendap [1][2].

Koagulasi dan flokulasi merupakan proses kimia-fisika yang digunakan dalam pengolahan air dan limbah untuk menghilangkan partikel tersuspensi dan koloid yang tidak dapat diendapkan secara alami. Koagulasi adalah tahap awal yang melibatkan penambahan bahan kimia (koagulan) untuk menetralkan muatan partikel koloid, sehingga mengurangi gaya tolak-menolak antar partikel. Setelah itu, proses

flokulasi berlangsung melalui pencampuran lambat untuk membentuk agregat partikel yang lebih besar dan lebih berat (flok), sehingga dapat dengan mudah dipisahkan melalui sedimentasi atau filtrasi. Keberhasilan kedua proses ini sangat bergantung pada jenis dan dosis koagulan, intensitas pengadukan, dan waktu kontak antar partikel [1].

Dalam penelitian ini koagulan *Poly Aluminium Chloride* (PAC) digunakan karena memiliki efisiensi tinggi, menghasilkan flok yang stabil, meminimalkan pembentukan lumpur, serta dapat bekerja pada rentang pH yang lebih luas dibandingkan jenis koagulan konvensional lainnya. Koagulan ini akan disandingkan dengan reaktor flokulasi *hydrocyclone* yang merupakan salah satu reaktor pengembangan proses flokulasi baru. *Hydrocyclone* adalah alat pemisah partikel padat dari cairan yang bekerja berdasarkan prinsip gaya sentrifugal. Alat ini memiliki bentuk kerucut dengan aliran fluida yang dimasukkan secara tangensial, sehingga menciptakan pusaran (*vortex*) di dalam ruang silinder. Partikel padat dengan densitas lebih tinggi terdorong ke dinding luar dan mengendap ke bagian bawah (*underflow*), sementara fluida bersih dan partikel ringan keluar melalui bagian atas (*overflow*). *Hydrocyclone* bekerja dengan memutar aliran fluida di dalam ruang berbentuk kerucut [3].

Untuk meningkatkan efisiensinya, digunakan kombinasi koagulasi mekanik dan flokulasi menggunakan *hydrocyclone*. Koagulasi mekanik berperan dalam membantu pencampuran merata antara koagulan dengan air limbah, sementara itu *hydrocyclone* berperan sebagai alat flokulasi dengan memanfaatkan gaya sentrifugal untuk memisahkan partikel padatan secara efisien. Flokulasi *hydrocyclone* memiliki keunggulan diantaranya mampu menangani debit besar, berstruktur sederhana, dan berbiaya operasional rendah. Akan tetapi alat ini memiliki kekurangan yaitu efisiensinya sangat dipengaruhi oleh ukuran partikel, kecepatan aliran dan desain alat [4].

Dalam konteks pengolahan limbah, *hydrocyclone* digunakan sebagai alternatif flokulator mekanik yang mampu bekerja tanpa memerlukan energi pengadukan besar, serta memiliki keunggulan berupa kecepatan pemisahan tinggi, desain sederhana, dan kebutuhan ruang yang lebih kecil dibandingkan sedimentasi konvensional. Efisiensi alat ini sangat dipengaruhi oleh desain geometri (diameter inlet, panjang badan kerucut, dan ukuran orifice) serta kondisi operasi seperti debit dan viskositas fluida. *Hydrocyclone* bekerja berdasarkan hukum Newton tentang gerak melingkar dan prinsip gaya sentrifugal. Ketika fluida dipaksa mengalir dalam lintasan spiral di dalam ruang berbentuk kerucut, maka partikel dengan massa jenis lebih besar akan terdorong keluar oleh gaya sentrifugal dan mengendap ke bagian bawah (*underflow*). Sementara itu, fluida yang lebih ringan dan bersih naik ke tengah dan keluar melalui bagian atas (*overflow*) [3].

Limbah dari industri pengolahan ikan umumnya mengandung bahan organik tinggi seperti protein, lemak, darah, dan sisa daging ikan. Kandungan ini menyebabkan nilai TSS dan kekeruhan sangat tinggi, serta berpotensi menimbulkan bau dan pertumbuhan mikroorganisme patogen jika tidak diolah. Oleh karena itu, pengolahan limbah jenis ini membutuhkan pendekatan yang tidak hanya efisien secara teknis, tetapi juga ekonomis dan sesuai dengan standar lingkungan [4].

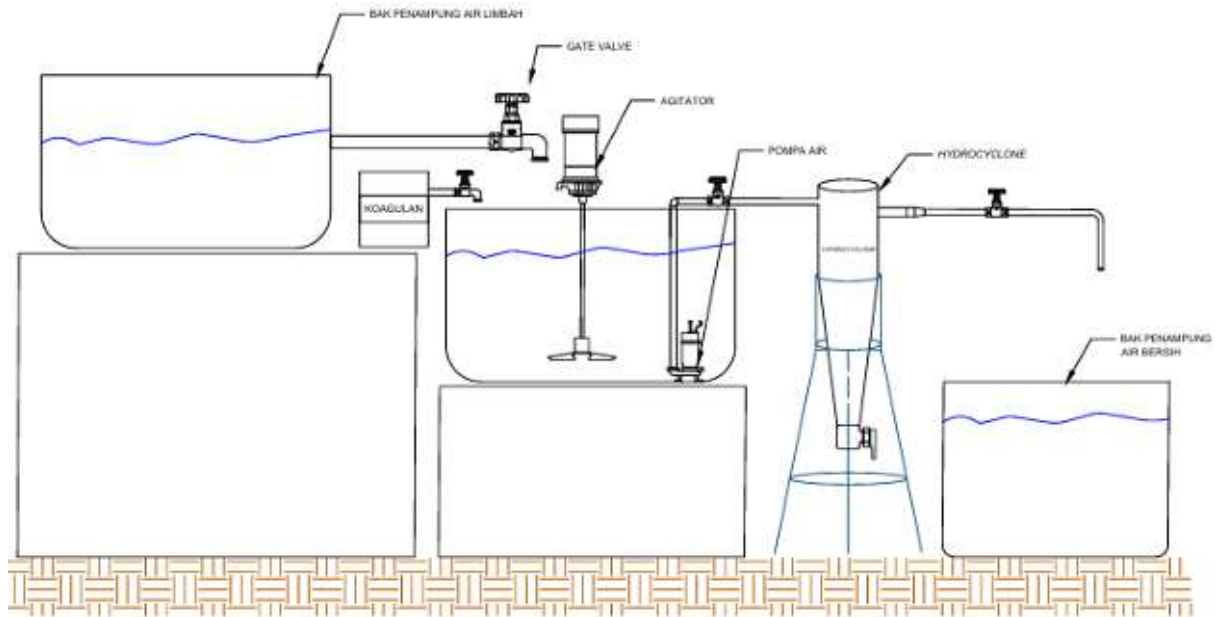
Limbah cair dari industri pengolahan ikan memiliki kandungan TSS tinggi hingga 1510 mg/L [4], sehingga diperlukan metode pengolahan yang efektif agar sesuai dengan baku mutu. Melalui penelitian ini, diharapkan dapat ditemukan metode pengolahan limbah cair pengolahan ikan yang efektif, efisien dan ramah lingkungan.

## 2. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan secara eksperimental di laboratorium Teknik Lingkungan UPN “Veteran” Jawa Timur, dengan menggunakan limbah cair dari salah satu industri pengolahan ikan yang berlokasi di Kecamatan Tenggilis Mejoyo, Kota Surabaya. Sumber limbah ini dipilih karena industri tersebut belum mengolah hasil produksinya secara maksimal sehingga berpotensi untuk dimanfaatkan lebih lanjut.

### 2.1 Desain Reaktor

Reaktor terdiri atas unit koagulasi dengan pengadukan cepat mekanik, kemudian dialirkan ke dalam *hydrocyclone* yang difungsikan sebagai unit flokulasi. Detail desain reaktor dapat dilihat pada gambar berikut ini.



**Gambar 1.** Reaktor Koagulasi-Flokulasi *Hydrocyclone*  
Sumber: Dokumen Pribadi (2025)

## 2.2 Variabel Penelitian

- Variabel bebas : Diameter *hydrocyclone* (15 cm dan 20 cm), debit aliran (5, 10, 15 L/menit), dan dosis PAC (20, 40, 60 80 mL).
- Variabel terikat : TSS dan kekeruhan.
- Variabel kontrol : Jenis limbah (limbah cair industri pengolahan ikan), jenis koagulan (PAC), DED (*Detail Engineering Design*) reaktor.

## 2.3 Analisis Data

Dalam penelitian ini metode analisis yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Analisis Removal  
Analisis removal parameter TSS dan kekeruhan ditentukan sesuai rumus yaitu:

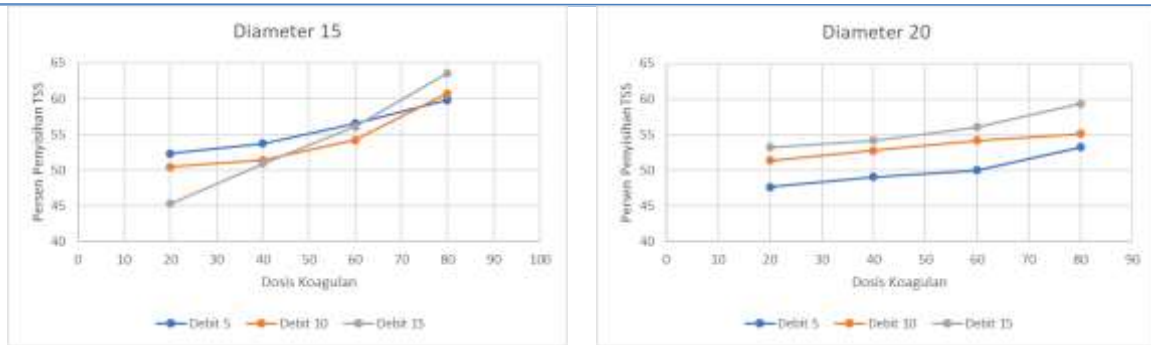
$$\%removal = \frac{konsentrasi\ awal - konsentrasi\ akhir}{konsentrasi\ awal} \times 100$$

- Analisis Statistik  
Uji statistika yang digunakan adalah uji ANOVA *Two-Way*, dimana ANOVA *Two-Way* adalah metode untuk menguji perbedaan rata-rata antara dua atau lebih kelompok yang dipengaruhi dua faktor [5]. Dalam penelitian ini ANOVA *Two-Way* dilakukan untuk menganalisis efek dari pengadukan pada koagulasi mekanik dan diameter *hydrocyclone* terhadap perubahan kadar kekeruhan dan TSS dari air yang diolah menggunakan koagulasi mekanik dan flokulasi *hydrocyclone*.

## 3. Hasil dan Pembahasan

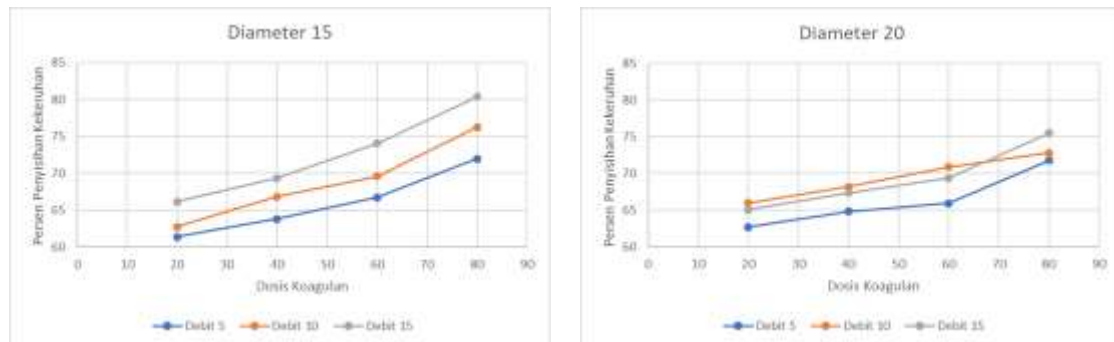
### 3.1 Efisiensi Penyisihan TSS dan Kekeruhan

Pada penelitian ini parameter yang diuji adalah *total suspended solid* (TSS) dan kekeruhan. TSS merupakan parameter kualitas air yang mengukur konsentrasi partikel-partikel koloid padatan tersuspensi dalam air. Partikel ini bersifat tidak larut dan terdispersi secara stabil di dalam medium cair, sehingga tidak dapat mengendap secara alami tanpa intervensi proses pengolahan [6]. Padatan tersuspensi seringkali berupa senyawa asam amino maupun protein [7]. Sedangkan kekeruhan adalah sifat optik larutan yang menyebabkan cahaya yang melaluinya terabsorpsi dan terbias [8]. Kekeruhan dapat disebabkan oleh keberadaan tanah liat, endapan lumpur, zat organik, plankton dan jasad renik dalam air [9]. Pada penelitian ini sampel limbah cair industri pengolahan ikan yang mengandung TSS serta kekeruhan tinggi diolah menggunakan kombinasi koagulasi mekanik dan flokulasi *hydrocyclone*. Hasil dari pengolahan air sampel ini dapat dilihat pada grafik berikut ini.



Gambar 2. Persentase Penyisihan Konsentrasi TSS  
(a) Diameter 15 (b) Diameter 20

Hasil penelitian pada grafik penyisihan TSS menunjukkan bahwa kombinasi koagulasi mekanik dan flokulasi menggunakan hydrocyclone secara signifikan mampu menurunkan parameter TSS dan kekeruhan dalam limbah cair industri pengolahan ikan. Pada kondisi awal, konsentrasi TSS pada limbah sebesar 214 mg/L dan kekeruhan sebesar 29 NTU. Kedua parameter ini melebihi ambang batas yang diperbolehkan yaitu untuk TSS sebesar  $\leq 100$  mg/L [10] dan kekeruhan  $\leq 3$  NTU [11]. Konsentrasi yang melebihi baku mutu ini menunjukkan bahwa air limbah yang diuji perlu dilakukan pengolahan terlebih dahulu sebelum dibuang ke badan air agar tidak terjadi pencemaran.



Gambar 3. Persentase Penyisihan Konsentrasi Kekeruhan  
(a) Diameter 15 (b) Diameter 20

Perlakuan terbaik dalam penelitian ini dapat menghasilkan penurunan TSS hingga 36 mg/L dan kekeruhan hingga 2,87 NTU yang artinya dengan kombinasi reaktor koagulasi mekanik dan flokulasi *hydrocyclone* air limbah pengolahan ikan yang semula melebihi baku mutu dapat diolah hingga memenuhi baku mutu. Hasil ini menunjukkan bahwa reaktor yang dirancang memiliki potensi yang baik sebagai alternatif pengolahan limbah cair yang efektif, ekonomis dan ramah lingkungan. Efektivitas pengolahan dari reaktor ini berasal dari kombinasi antara proses koagulasi mekanik dan pemisahan sentrifugal dalam *hydrocyclone*. Koagulasi mekanik yang dilakukan dengan pengadukan cepat berperan dalam mendestabilisasi partikel koloid, sehingga terbentuk mikroflok yang kemudian digabungkan dalam proses flokulasi menjadi makroflok yang lebih besar dan berat. *Hydrocyclone* kemudian memanfaatkan gaya sentrifugal untuk memisahkan padatan tersuspensi tersebut berdasarkan perbedaan densitas dengan efisiensi tinggi [12][13].

Dalam hal pemisahan partikel tersuspensi, pada penelitian ini reaktor *hydrocyclone* dengan diameter yang lebih kecil memiliki efisiensi yang lebih besar dibandingkan reaktor *hydrocyclone* dengan diameter yang lebih besar. Hal ini dapat terjadi karena pada reaktor dengan diameter lebih kecil menghasilkan kecepatan aliran melingkar (*vortex*) yang lebih tinggi sehingga gaya sentrifugal yang tercipta semakin besar. Gaya ini akan mendorong partikel tersuspensi berpindah ke dinding *hydrocyclone* kemudian mengendap ke bagian bawah sementara air bersih bergerak keluar melalui bagian atas (*overflow*) [14]. Dengan penyisihan partikel tersuspensi yang lebih efektif ini, reaktor *hydrocyclone* dengan diameter kecil dapat menghasilkan air yang lebih jernih.

### 3.2 Pengaruh Diameter *Hydrocyclone* Terhadap Efisiensi Penyisihan TSS dan Kekeruhan

Diameter *hydrocyclone* adalah salah satu faktor utama yang menentukan gaya sentrifugal selama proses pemisahan partikel serta waktu tinggal air di dalam *hydrocyclone*. Pada penelitian ini didapatkan

hasil bahwa hydrocyclone dengan diameter 15 cm memberikan efisiensi penyisihan TSS dan kekeruhan yang lebih tinggi dibandingkan dengan diameter 20 cm. Hal ini dapat terjadi karena semakin kecil diameter *hydrocyclone* maka gaya sentrifugal yang dihasilkan semakin besar, sehingga dapat meningkatkan efisiensi pemisahan partikel tersuspensi dari air [3].

Pada *hydrocyclone* dengan diameter kecil, gaya sentrifugal yang dihasilkan semakin besar karena luas penampangnya yang lebih kecil. Gaya sentrifugal inilah yang berperan untuk mendorong partikel-partikel yang telah menggumpal selama proses koagulasi-flokulasi ke dinding reaktor kemudian turun ke bawah dan keluar melalui *underflow*. Disisi lain, air bersih yang memiliki massa jenis lebih ringan akan naik ke tengah reaktor dan keluar melalui *overflow*. Dengan demikian dapat diketahui bahwa diameter *hydrocyclone* memiliki peran yang sangat penting dalam efisiensi penyisihan partikel tersuspensi, sehingga dalam merencanakan reaktor *hydrocyclone* perlu mempertimbangkan dengan baik diameternya.

### 3.3 Pengaruh Debit Terhadap Proses Koagulasi-Flokulasi

Debit mempengaruhi karakteristik pola aliran yang terjadi dalam reaktor *hydrocyclone*. Semakin besar debit yang dialirkan maka gaya sentrifugal yang dihasilkan akan semakin besar, sehingga partikel tersuspensi dapat terdorong dengan lebih efektif ke dinding *hydrocyclone* dan dapat dikeluarkan melalui *underflow* [3]. Dengan gaya sentrifugal yang lebih kuat, pusaran yang terbentuk menjadi lebih stabil sehingga mendukung pemisahan partikel yang lebih singkat dalam *hydrocyclone*. Teori ini sejalan dengan hasil penelitian, dimana dari ketiga debit yang dibandingkan, debit tertinggilah yang menghasilkan efisiensi terbesar. Peningkatan debit dari 5 L/menit, 10 L/menit, kemudian 15 L/menit meningkatkan energi kinetik, mempercepat proses pencampuran koagulan dan mempercepat tumbukan antar partikel dalam reaktor flokulasi [15].

Peningkatan debit dalam batas tertentu dapat mendorong terbentuknya flok yang lebih besar melalui proses tumbukan antar partikel yang disebabkan oleh perbedaan kecepatan aliran. Akan tetapi, debit yang terlalu besar juga berpotensi merusak flok yang telah terbentuk karena gaya sentrifugal yang terlalu tinggi. Pada penelitian ini variasi debit yang diuji belum mencapai titik dimana debit dapat merusak flok yang telah terbentuk. Oleh karena itu, dapat dilakukan penelitian lanjutan untuk mengetahui rentang debit optimum dari masing-masing diameter reaktor *hydrocyclone* yang telah dirancang.

### 3.4 Pengaruh Dosis Koagulan PAC Terhadap Penyisihan TSS dan Kekeruhan

Tahap koagulasi dan flokulasi merupakan proses yang saling melengkapi dalam pembentukan flok yang ideal sehingga dapat dipisahkan secara mekanik menggunakan *hydrocyclone*. Pada tahap koagulasi, koagulan PAC akan ditambahkan ke dalam air limbah untuk menetralkan muatan partikel koloid sehingga menghilangkan gaya tolak menolak antar partikel. Selanjutnya, pada tahap flokulasi partikel yang telah dinetralisasi akan mengalami tumbukan dan saling berikatan membentuk flok yang lebih besar melalui interaksi gaya Van der Waals [1][2]. Pada konteks pengolahan menggunakan flokulasi tipe *hydrocyclone*, flok yang terbentuk harus memiliki ukuran dan massa yang memadai agar dapat terdorong menuju dinding sehingga dapat dipisahkan oleh gaya sentrifugal. Dengan penggunaan dosis koagulan yang tepat, flok yang terbentuk dapat lebih stabil, padat, dan mudah dipisahkan sehingga konsentrasi TSS dan kekeruhan dalam air limbah dapat menurun secara signifikan.

Pada penelitian ini terdapat empat variasi dosis koagulan, diantaranya 20 mL, 40 mL, 60 mL dan 80 mL. Dari keempat dosis yang diuji, variasi dosis 80 mL menunjukkan hasil yang paling efektif dengan efisiensi penyisihan tertinggi. Pada dosis 20 mL dan 40 mL flok yang terbentuk cenderung kecil dan tidak stabil karena jumlah koagulan yang dibutuhkan untuk menetralkan muatan dari partikel tersuspensi tidak cukup. Efisiensi penyisihan mulai meningkat dengan signifikan pada dosis 60 mL meskipun belum mencapai kondisi optimum. Hanya pada dosis 80 mL, terbentuk flok besar dan kuat yang memungkinkan pemisahan efisien dalam *hydrocyclone*.

### 3.5 Uji Statistik

#### 3.5.1 Analisa Data Pengaruh Terhadap Parameter TSS

Analisis statistik yang digunakan dalam penelitian ini adalah ANOVA yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh diameter reaktor, debit aliran, dan dosis PAC terhadap penurunan Total Suspended Solids (TSS) dalam air limbah. Hasil dari uji ANOVA pada parameter TSS dapat dilihat pada gambar berikut.

General Linear Model: TSS versus Diameter; Debit; Dosis

Method  
Factor coding (-1; 0; +1)

Factor Information

Factor	Type	Levels	Values
Diameter	Fixed	2	15; 20
Debit	Fixed	3	5; 10; 15
Dosis	Fixed	4	20; 40; 60; 80

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Diameter	1	0,001667	0,001667	1,96	0,180
Debit	2	0,001425	0,000713	0,84	0,450
Dosis	3	0,025883	0,008628	10,13	0,000
Error	17	0,014475	0,000851		
Total	23	0,043450			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,0291800	66,69%	54,93%	33,60%

Gambar 3. Analisa Pengaruh pada TSS terhadap Diameter, Dosis, Debit  
Sumber: Hasil Penelitian (2025)

Hasil pengujian ANOVA sesuai gambar di atas menunjukkan bahwa dari ketiga faktor yang diuji, hanya dosis PAC yang memberikan pengaruh signifikan, dengan nilai P-value sebesar 0,000, jauh di bawah ambang signifikansi 0,05. Hal ini berarti secara statistik, dosis koagulan memiliki peran nyata dalam menurunkan TSS. Sebaliknya, diameter reaktor ( $P = 0,180$ ) dan debit aliran ( $P = 0,450$ ) tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap parameter TSS. Dosis PAC juga tercatat sebagai faktor paling dominan dengan nilai F tertinggi sebesar 10,13, menunjukkan kekuatannya dalam mengikat dan mengendapkan partikel tersuspensi dalam air limbah.

TSS merupakan kumpulan partikel padat halus yang tidak larut dalam air dan sulit mengendap tanpa proses bantuan koagulan. Penambahan PAC memicu reaksi netralisasi muatan antar partikel, sehingga partikel-partikel halus membentuk gumpalan (flok) yang lebih besar dan berat. Flok ini lebih mudah dipisahkan baik dengan sedimentasi maupun secara mekanik, seperti dengan bantuan hydrocyclone. Dosis PAC yang tepat akan mempercepat proses pembentukan flok dan meningkatkan efisiensi pemisahan TSS. Sementara itu, diameter dan debit memang dapat memengaruhi distribusi aliran dan gaya sentrifugal, tetapi dalam penelitian ini tidak cukup kuat memberikan pengaruh terhadap TSS, kemungkinan karena massa jenis partikel TSS lebih bergantung pada keberhasilan pembentukan flok daripada kecepatan alir atau dimensi alat.

### 3.5.2 Analisa Data Pengaruh Terhadap Parameter Kekeruhan

Analisis statistik ANOVA dilakukan untuk mengetahui pengaruh tiga faktor yang diuji yaitu diameter reaktor, debit aliran dan dosis PAC terhadap efisiensi penurunan kekeruhan air limbah. Hasil uji statistik terhadap efisiensi penurunan kekeruhan air limbah dapat dilihat pada gambar berikut.

General Linear Model: kekeruhan versus Diameter; Debit; Dosis

Method  
Factor coding (-1; 0; +1)

Factor Information

Factor	Type	Levels	Values
Diameter	Fixed	2	15; 20
Debit	Fixed	3	5; 10; 15
Dosis	Fixed	4	20; 40; 60; 80

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Diameter	1	0,000267	0,000267	1,11	0,308
Debit	2	0,008400	0,004200	17,41	0,000
Dosis	3	0,038683	0,012894	53,46	0,000
Error	17	0,004100	0,000241		
Total	23	0,051450			

Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0,0155299	92,03%	89,22%	84,12%

Gambar 4. Analisa Pengaruh pada Kekeruhan terhadap, Diameter, Dosis, Debit  
Sumber: Hasil Penelitian (2025)

Dari uji statistik di atas dapat diketahui bahwa dosis koagulan PAC dan debit aliran memberikan pengaruh yang sangat signifikan, dibuktikan dari nilai P-value sebesar 0,000 untuk kedua faktor tersebut.

Secara statistik, nilai ini jauh di bawah ambang 0,05 yang berarti kedua faktor tersebut benar-benar memengaruhi hasil akhir. Sebaliknya, diameter reaktor memiliki P-value sebesar 0,308, artinya secara statistik tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap kekeruhan. Di antara semua faktor, dosis PAC menjadi yang paling dominan dengan nilai F tertinggi (53,46), diikuti oleh debit ( $F = 17,41$ ). Hal ini selinier dengan dosis koagulan yang tepat atau optimum dan debit sangat berperan dalam membentuk flok yang besar dan mudah dipisahkan dari air.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Diameter reaktor hydrocyclone yang paling optimal dalam menurunkan parameter TSS dan kekeruhan adalah 15 cm. Pada diameter ini, gaya sentrifugal yang terbentuk lebih kuat sehingga flok yang terbentuk lebih mudah dipisahkan dari air limbah. Efisiensi tertinggi penyisihan TSS sebesar 64% dan kekeruhan sebesar 80%.
2. Debit aliran yang tinggi yaitu 15 L/menit menunjukkan hasil penyisihan yang lebih baik dibandingkan debit rendah. Hal ini disebabkan oleh terbentuknya gaya sentrifugal yang lebih besar, sehingga mempercepat proses flokulasi dan pemisahan partikel padat. Pada debit ini, nilai kekeruhan dan TSS akhir mengalami penurunan yang lebih signifikan dibanding debit 5 dan 10 L/menit.
3. Dosis koagulan PAC yang paling efektif dalam menurunkan TSS dan kekeruhan adalah 80 mL. Dosis ini menghasilkan flok yang padat dan stabil, sehingga mudah dipisahkan oleh reaktor hydrocyclone.

#### 5. Referensi

- [1] Ekoputri, S. F., Rahmatunnissa, A., Nulfaidah, F., Ratnasari, Y., Djaeni, M., & Sari, D. A. (2023). Pengolahan Air Limbah dengan Metode Koagulasi Flokulasi pada Industri Kimia. *Jurnal Serambi Engineering*, 9(1), 7781–7787. <https://doi.org/10.32672/jse.v9i1.715>.
- [2] Galushasti, A., Anggraeni, R. D., & Amarullah, D. (2024). Sustainability Practices in Agribusiness Teaching Factories : A Business Model. *Journal of Business Management*, 2(1), 20–24.
- [3] Pangestika, W., Baswantara, A., Indra Widiyanto, D., Nasri Siregar, A., & Wulan Rahmawati, E. (2022). Penanganan Limbah Cair Hasil Pengolahan Ikan Asin dengan Menggunakan Metode Ozonisasi. *Agrointek*, 16(4), 534–543. <https://doi.org/10.21107/agrointek.v16i4.14192>
- [4] Suprayitno, A., Herdiana, S., & Subekhi, TB. U. (2021). Analisis Pengaruh Beban dan Kecepatan Terhadap Thread Wear Indikator Pada Lintasan Beton. *Wastukencana*.
- [5] Suminar, D. R., & Nurcahyo, N. (2020). Karakteristik Hydrocyclone untuk Pemisahan Minyak dan Air. *Jurnal Teknik Kimia Dan Lingkungan*, 4(2), 133–140. <https://doi.org/10.33795/jtkl.v4i2.160>.
- [6] Bahctiar, F. E., & Mirwan, M. (2024). Efektifitas Pengolahan Kombinasi Elektrokoagulasi-Filtrasi Dalam Menyisihkan TSS dan COD pada Air Limbah Kawasan Industri. *Journal Serambi Engineering*, 9(2 SE-Articles). <https://doi.org/10.32672/jse.v9i2.1528>.
- [7] Hidayat, N. (2016). *Bioproses Limbah Cair*. Yogyakarta: CV Andi Offset
- [8] Maftuch., Fariedah, F., Suprastyani, H., Yuwanita, R., Dailami, M., Widyawati, Y. (2021). *Dasar-dasar Akuakultur*. Malang: UB Media.
- [9] Wadu, R. A., Ada, Y. S. B., & Panggalo, I. U. (2017). Rancang bangun sistem sirkulasi Air pada akuarium/bak ikan air tawar berdasarkan kekeruhan air secara otomatis. *Jurnal Ilmiah Flash*, 3(1), 1-10.
- [10] Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2015 tentang Baku Mutu Air Limbah.
- [11] Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023 tentang Peraturan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 66 Tahun 2014 Tentang Kesehatan Lingkungan.
- [12] Pulungan, A. D. (2012). Evaluasi Pemberian Dosis Koagulan Aluminium Sulfat Cair Dan Bubuk Pada Sistem Dosing Koagulan Di Instalasi Pengolahan Air Minum PT. Krakatau Tirta Industri. Departemen Teknik Sipil Dan Lingkungan Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor.
- [13] C. Asdak. (1995). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- [14] Rahmawati, D., & Santoso, B. (2017). Pengaruh Head Dan Luas Underflow Terhadap Efisiensi Pemisahan Sedimen Hydrocyclone. *Jurnal Rekayasa Teknologi Nusa Putra*, <https://doi.org/10.52005/rekayasa.v4i1.150>.
- [15] Zhang, Y., Ge, J., Jiang, L., Wang, H., & Duan, Y. (2022). Effect of internal vortex finder on classification performance for double vortex-finder hydrocyclone. *Separations*, 9(4), 88. <https://doi.org/10.3390/separations9040088>.