

Perbandingan Diameter *Hydrocyclone* untuk Menurunkan Kadar Kekeruhan dan Total Suspended Solids pada Unit Flokulasi *Hydrocyclone*

Steven Albert Christian Pohan, Aussie Amalia*

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

*Koresponden email: aussieamalia.tl@upnjatim.ac.id

Diterima: 11 November 2024

Disetujui: 18 November 2024

Abstract

There are several types of water treatment, namely physical, chemical and biological, with each treatment process depending on the parameters of the pollutant to be treated. Raw water treatment generally uses physico-chemical treatment, which is useful for reducing the levels of pollutants such as TSS and turbidity, usually referred to as the coagulation-flocculation process. In the flocculation process there are different types of modifications, an example of modification is *hydrocyclone* flocculation. The aim of this research is to obtain information regarding the use of *hydrocyclone* flocculation reactors in the removal of pollutant parameters such as TSS. This research has been carried out by preparing 3 types of *hydrocyclone* flocculation reactors with different diameters (10 cm, 15 cm and 20 cm) where tests will be carried out to see the most optimal *hydrocyclone* flocculation diameter in eliminating TSS and turbidity parameters in the sample water. From the results of the research carried out, the most optimum diameter for the removal of TSS parameters and also turbidity in the sample water is a 20 cm *hydrocyclone* flocculation reactor with an average TSS removal percentage of 77.85% and an average turbidity removal percentage of 81%. Meanwhile, *hydrocyclone* flocculation reactor diameters of 10 cm and 15 cm have an average removal percentage of 60% and 70% for TSS, then for turbidity it is 59.8% and 62%.

Keywords: *tss, turbidity, coagulation-flocculation, hydrocyclone, diameter*

Abstrak

Terdapat berbagai macam pengolahan untuk air yaitu pengolahan secara fisika, kimia, dan biologi dimana masing-masing proses pengolahan tergantung dari parameter polutan yang akan diolah. Pada pengolahan air baku umumnya menggunakan pengolahan secara fisika-kimia yang berguna untuk mereduksi kadar polutan seperti TSS maupun kekeruhan dimana biasa disebut proses koagulasi-flokulasi. Pada proses flokulasi terdapat berbagai macam modifikasi, salah satu contoh modifikasinya yaitu flokulasi *hydrocyclone*. Tujuan dari penelitian ini yaitu memperoleh informasi terkait penggunaan reaktor flokulasi *hydrocyclone* dalam menyisihkan parameter polutan seperti TSS. Penelitian ini dilakukan dengan mempersiapkan 3 jenis reaktor flokulasi *hydrocyclone* yang memiliki diameter berbeda (10 cm, 15 cm, dan 20 cm), dimana akan dilakukan pengujian untuk melihat diameter flokulasi *hydrocyclone* yang paling optimum dalam menyisihkan parameter TSS dan kekeruhan pada air sampel. Dari hasil penelitian yang sudah dilakukan untuk diameter yang paling optimum dalam menyisihkan parameter TSS dan juga kekeruhan pada air sampel yaitu reaktor flokulasi *hydrocyclone* 20 cm dengan persentase penyisihan TSS rata-rata sebesar 77,85% dan persentase penyisihan kekeruhan rata-rata sebesar 81%. Sementara itu untuk diameter reaktor flokulasi *hydrocyclone* 10 cm dan 15 cm memiliki persentase penyisihan rata-rata sebesar 60% dan 70% untuk TSS, lalu untuk kekeruhan sebesar 59,8% dan 62%.

Kata Kunci: *tss, kekeruhan, koagulasi-flokulasi, hydrocyclone, diameter*

1. Pendahuluan

Salah satu permasalahan utama dalam melakukan pengolahan air baku yang akan dikelola oleh pihak pengelola air terutama air minum (PDAM) yaitu tingkat kekeruhan dan TSS pada air baku. Penyebab terjadinya kekeruhan maupun TSS yaitu adanya material berupa bahan organik maupun bahan anorganik yang tersuspensi di dalam air baku [1]. Partikel tersuspensi (koloid) sangat sulit mengendap secara alami dikarenakan adanya muatan listrik yang menyebabkan partikel lebih stabil [2]. Terdapat cara agar koloid dapat mengendap dalam air yaitu dengan melakukan proses koagulasi-flokulasi.

Koagulasi merupakan proses destabilisasi partikel tersuspensi dengan cara menetralkan muatan listriknya sehingga terjadi gaya tolak-menolak antar partikel dapat berkurang dan bahan kimia yang biasa

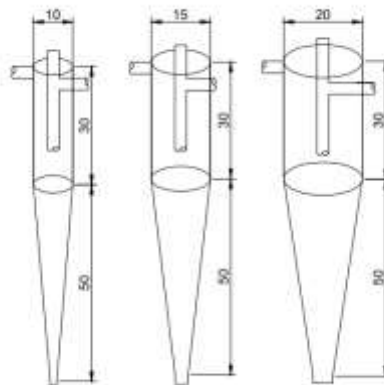
digunakan untuk menetralkan muatan daripada partikel tersuspensi tersebut biasa disebut koagulan. Sedangkan flokulasi merupakan proses penggabungan partikel-partikel tidak stabil sesudah proses koagulasi dengan melakukan pengadukan lambat untuk membentuk gumpalan atau flok sehingga dapat diendapkan atau disaring [3].

Terdapat berbagai macam modifikasi dari pada flokulasi contohnya yaitu flokulasi dengan pengaduk, flokulasi baffle channel, hingga flokulasi *hydrocyclone*. Pada penelitian kali ini akan membahas salah satu modifikasi unit flokulasi yaitu flokulasi *hydrocyclone*, perbedaan dari unit flokulasi *hydrocyclone* dibandingkan dengan modifikasi unit flokulasi yang lain yaitu pada flokulasi *hydrocyclone* terdapat bagian underflow dimana bagian ini berfungsi sebagai pengganti bak sedimentasi tipe II yang berfungsi untuk mengendapkan partikel flokulen dari proses koagulasi-flokulasi. Selain itu flokulasi *hydrocyclone* juga memiliki keunggulan lain diantaranya adalah kapasitas besar, struktur sederhana, biaya perawatan maupun pembuatan yang rendah, penggunaan lahan yang kecil, serta maintenance yang cukup mudah [4]. Pada flokulasi *hydrocyclone* terdapat berbagai macam faktor yang mempengaruhi efisiensi penyisihan yaitu dengan memodifikasi bentuk struktural, operasional, dan juga fisik [5].

2. Metode Penelitian

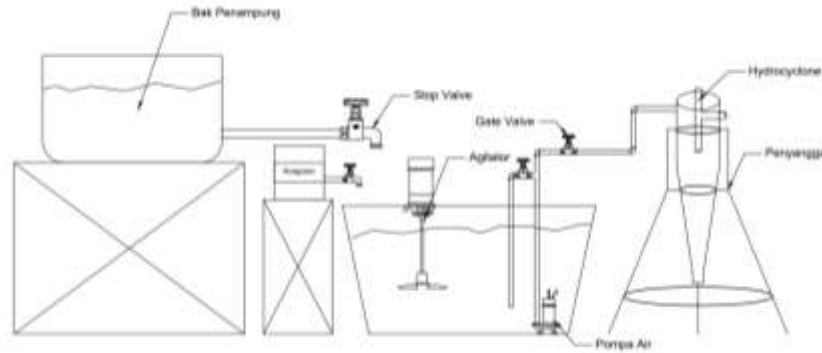
Penelitian ini akan mengkaji penurunan kekeruhan dan TSS air permukaan dengan proses flokulasi *hydrocyclone*. Proses flokulasi *hydrocyclone* akan dilakukan dengan 3 percobaan dengan diameter yang berbeda yaitu 10 cm, 15 cm, dan 20 cm, percobaan pada reaktor flokulasi *hydrocyclone* juga menggunakan variasi debit aliran yang berbeda yaitu debit 1 L/menit, 2 L/menit, 3 L/menit, dan 4 L/menit. Debit aliran yang berbeda ini berfungsi sebagai gradient kecepatan untuk pengadukan secara hidraulis pada reaktor flokulasi *hydrocyclone*, dimana selain menentukan diameter reaktor yang paling optimum untuk menyisihkan kekeruhan dan TSS; debit aliran yang optimum juga ditentukan untuk mengetahui efektivitas penyisihan kekeruhan dan TSS di dalam reaktor flokulasi *hydrocyclone* tersebut.

Reaktor flokulasi *hydrocyclone* yang digunakan dirancang dengan kedalaman silinder *hydrocyclone* 30 cm, kedalaman cone 50 cm, dan juga variasi diameter dari silinder yaitu 10 cm; 15 cm; dan 20 cm. Pada reaktor flokulasi *hydrocyclone* menggunakan bahan pipa akrilik bening untuk bagian silinder *hydrocyclone*, sedangkan cone terbuat dari plat besi. Selain bagian silinder dan cone, pada flokulasi *hydrocyclone* terdapat juga pipa inlet; pipa outlet lumpur (underflow); dan pipa outlet air yang sudah terolah (overflow). Contoh reaktor flokulasi *hydrocyclone* untuk penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Reaktor Flokulasi *Hydrocyclone*

Selain itu untuk melengkapi proses koagulasi-flokulasi, maka reaktor flokulasi *hydrocyclone* juga dilengkapi dengan sebuah reaktor koagulasi mekanis dengan menggunakan bak yang di atasnya ditaruh sebuah agitator untuk pengadukan air sampel dimana reaktor koagulasi-flokulasi *hydrocyclone* ditunjukkan pada **Gambar 2**. Dalam pengoperasian reaktor koagulasi-flokulasi menggunakan air sampel yang diambil dari salah satu air sungai di Surabaya, selanjutnya air sampel tersebut akan dilakukan jar test terlebih dahulu untuk mengetahui kadar optimum koagulan yang akan digunakan dalam penelitian. Untuk koagulan yang digunakan merupakan koagulan jenis tawas ($Al_2(SO_4)_3$) dengan kadar konsentrasi sebesar 1%, lalu setelah melakukan jar test maka untuk dosis koagulan yang akan digunakan pada penelitian adalah sebanyak 20 mL dalam 1 L air sampel.



Gambar 2. Reaktor Koagulasi-Flokulasi *Hydrocyclone*

3. Hasil dan Pembahasan

Kemampuan Penyisihan TSS Tiap Variasi Diameter Hydrocyclone

TSS atau yang biasa disebut dengan Total Suspended Solid merupakan partikel koloid yang tidak larut di dalam air atau terdispersi, sehingga sulit untuk mengendap secara alami tanpa proses pengolahan lebih lanjut [6]. Berdasarkan sampel air sungai yang diambil dari salah satu sungai di Surabaya, untuk kadar parameter TSS sungai tersebut memiliki nilai sebesar 112 mg/L dimana hasil TSS tersebut masih belum memenuhi baku mutu sesuai dengan PP Nomor 22 Tahun 2021 jika ingin digunakan sebagai air minum. Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan pada 3 variasi diameter reaktor flokulasi *hydrocyclone*, maka untuk hasil penurunan TSS dapat dilihat pada **Tabel 1** berikut.

Tabel 1. Penurunan Parameter TSS pada Flokulasi *Hydrocyclone*

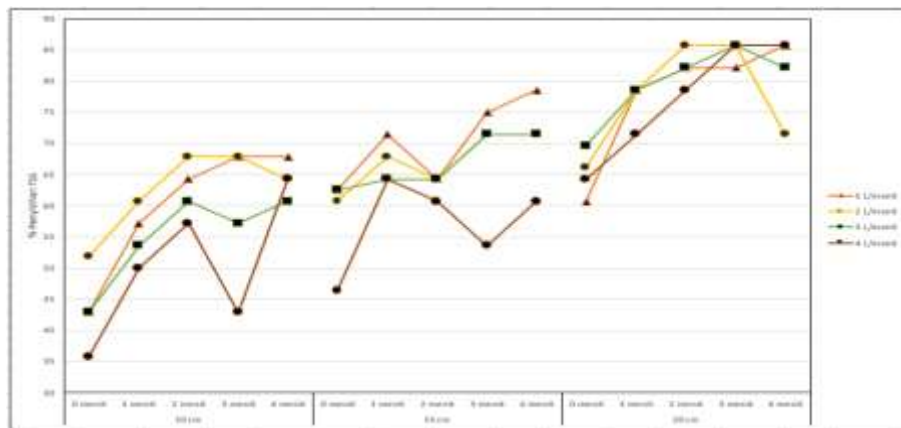
Ø <i>Hydrocyclone</i> (cm)	Waktu Sampling (menit)	Inlet (mg/L)	Outlet (mg/L)			
			Debit 1 L/menit	Debit 2 L/menit	Debit 3 L/menit	Debit 4 L/menit
10	0	112	64	54	64	72
	1		48	44	52	56
	2		40	36	44	48
	3		36	36	48	64
	4		36	40	44	40
15	0		42	44	42	60
	1		32	36	40	40
	2		40	40	40	44
	3		28	32	32	52
	4		24	32	32	44
20	0		44	38	34	40
	1		24	24	24	32
	2		20	16	20	24
	3		20	16	16	16
	4		16	32	20	16

Sumber : Data Primer (2024)

Pada **Tabel 1** dapat diamati bahwa sebagian besar hasil penurunan TSS untuk setiap variasi reaktor flokulasi *hydrocyclone* masih berada di kisaran sungai kelas 2 dan 3 [7]. Untuk hasil penyisihan paling optimum berada pada variasi reaktor *hydrocyclone* dengan diameter sebesar 20 cm dengan penurunan terbanyak terjadi di waktu sampling 4 menit yaitu mencapai 16 mg/L. Hal ini mengindikasikan bahwa semakin lama waktu sampling yang dilakukan maka penurunan kadar TSS juga semakin tinggi, dimana waktu sampling yang semakin lama akan membuat pengendapan flok pada bagian underflow *hydrocyclone* semakin optimal. Menurut [8] dalam penelitiannya pengendapan flok menggunakan koagulan tawas memang membutuhkan waktu yang lebih lama dibandingkan dengan menggunakan koagulan jenis PAC.

Dapat diamati kembali pada **Tabel 1** terjadi sebuah fenomena kenaikan kadar TSS pada sebagian besar waktu sampling di tiap variasi diameter *hydrocyclone* dan tiap variasi debit aliran, salah satu contohnya terjadi pada diameter *hydrocyclone* 15 cm dengan debit aliran 1 L/menit yang dimana untuk waktu sampling 1 menit dengan waktu sampling 2 menit mengalami kenaikan kadar TSS dari 32 mg/L menjadi 40 mg/L. Menurut [9] menyatakan bahwa fenomena tersebut secara ilmiah disebut dengan “partial mixing” dimana terjadi pertukaran air yang masuk menggantikan partikel padat yang keluar melalui

underflow *hydrocyclone* sehingga flok yang terendap tadi ikut mengalir bersama air dan keluar melalui overflow *hydrocyclone*. Berikutnya data hasil penurunan pada **Tabel 1** akan diinterpretasikan ke dalam bentuk grafik persentase penyisihan kadar TSS yang dapat dilihat pada **Gambar 3**.



Gambar 3. Grafik Efisiensi Penyisihan TSS pada *Hydrocyclone*

Dari **Gambar 3** dapat dilihat untuk variasi diameter *hydrocyclone* 10 cm didapatkan hasil efisiensi penyisihan yang kurang optimal, dimana nilai efisiensi tertinggi yaitu sebesar 67%, lalu berdasarkan hasil perhitungan untuk persentase rata-rata penyisihan untuk setiap debit aliran pada variasi ini yaitu 60% untuk debit 1 L/menit; 62,5% untuk debit 2 L/menit; 55% untuk debit 3 L/menit; dan 50% untuk debit 4 L/menit. Selanjutnya pada variasi diameter *hydrocyclone* 15 cm diamati bahwa hasil penyisihan lebih baik dibandingkan dengan percobaan pada variasi diameter sebelumnya, dengan persentase penyisihan tertinggi berada di angka 78% dan untuk rata-rata persentase penyisihan pada setiap variasinya yaitu 70% untuk debit 1 L/menit; 67% untuk debit 2 L/menit; 66% untuk debit 3 L/menit; dan 57% untuk debit 4 L/menit. Terakhir yaitu variasi *hydrocyclone* diameter 20 cm, dimana untuk hasil persentase penyisihan didapatkan sangat baik diantara 2 variasi lainnya, untuk hasil persentase penyisihan tertinggi mencapai hingga 85%, dan hasil perhitungan rata-rata persentase penyisihan yang didapat juga berada di atas 70%, dengan rincian pada debit 1 L/menit sebesar 77,85%; debit 2 L/menit sebesar 77,5%; debit 3 L/menit sebesar 79%; serta 77% untuk debit 4 L/menit.

Berdasarkan **Gambar 3** terlihat bahwa variasi diameter pada reaktor flokulasi *hydrocyclone* yang paling optimum untuk menyisihkan parameter TSS yaitu terdapat pada diameter 20 cm. Hal ini dibuktikan bahwa *hydrocyclone* yang diterapkan sebagai flokulator dalam proses koagulasi-flokulasi harus memiliki diameter yang besar untuk mendapatkan hasil pengolahan yang besar [10]. Sedangkan pada pengamatan untuk variasi debit aliran pada **Gambar 3**, debit aliran yang optimum dalam melakukan penyisihan parameter TSS yaitu pada debit aliran 1 L/menit dengan nilai persentase penyisihan rata-rata sebesar 69,4%. Penelitian yang dilakukan oleh [11] menyatakan bahwa debit sangat mempengaruhi aliran air di dalam reaktor, dimana pada reaktor flokulasi *hydrocyclone* membutuhkan aliran yang laminar agar flok yang sudah terbentuk tidak pecah menjadi padatan tersuspensi kembali. Dari penentuan variasi diameter *hydrocyclone* serta variasi debit aliran yang optimum dapat dianalisis terjadinya perbedaan efisiensi penyisihan TSS pada 2 variasi diameter dan juga 3 variasi debit aliran yang lain.

Perbedaan tersebut disebabkan oleh gradient kecepatan yang dihasilkan oleh masing-masing diameter *hydrocyclone*, untuk variasi diameter *hydrocyclone* 20 cm berdasarkan perhitungan reaktor yang sudah dilakukan dengan debit aliran 1 L/menit sampai debit aliran 4 L/menit memiliki gradien kecepatan yang berada di bawah 50 detik⁻¹, hal ini sudah sesuai dengan kriteria dari flokulator tipe hidraulis yang dalam pengoperasiannya hanya membutuhkan gradien kecepatan sebesar 10 – 50 detik⁻¹ [12]. Sama seperti dengan variasi diameter, untuk perbedaan efisiensi penyisihan dari variasi debit aliran juga dipengaruhi oleh gradien kecepatan antar debit yang memiliki nilai berbeda satu sama lain, dimana untuk debit 1 L/menit memiliki gradien kecepatan yang lebih kecil, hal inilah yang menyebabkan rata-rata efisiensi penyisihan terbaik terjadi pada debit aliran 1 L/menit karena aliran mengalir secara laminar meskipun air mengalir secara terus-menerus pada pengoperasian reaktor *hydrocyclone*.

Kemampuan Penyisihan Kekeruhan Tiap Variasi Diameter Hydrocyclone

Tingkat kekeruhan air (turbidity) bukan merupakan sifat air yang membahayakan namun dapat menimbulkan dampak negatif jika dibiarkan [13]. Dari hasil analisa laboratorium yang dilakukan pada air sampel memiliki kadar kekeruhan awal sebesar 15,7 NTU, dimana hasil kekeruhan pada sampel awal masih

belum memenuhi baku mutu air minum yang dipersyaratkan di Permenkes Nomor 2 Tahun 2023 untuk air minum yaitu kurang dari 3 NTU. Sama seperti percobaan sebelumnya, untuk penurunan kekeruhan pada setiap variasi diameter *hydrocyclone* ditampilkan pada **Tabel 2** berikut.

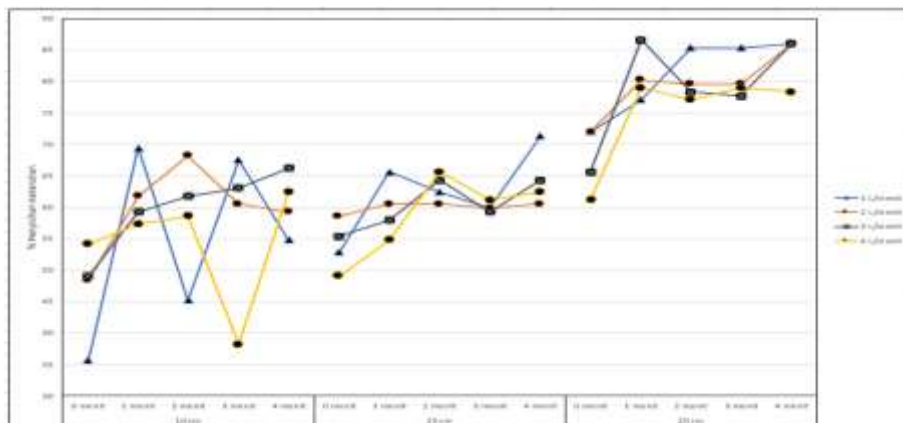
Tabel 2. Penurunan Parameter Kekeruhan pada Flokulasi *Hydrocyclone*

Ø <i>Hydrocyclone</i> (cm)	Waktu Sampling (menit)	Inlet (NTU)	Outlet (NTU)			
			Debit 1 L/menit	Debit 2 L/menit	Debit 3 L/menit	Debit 4 L/menit
10	0	15,7	10,1	8,1	8	7,2
	1		4,8	6	6,4	6,7
	2		8,6	5	6	6,5
	3		5,1	6,2	5,8	9,7
	4		7,1	6,4	5,3	5,9
15	0		7,4	6,5	7	8
	1		5,4	6,2	6,6	7,1
	2		5,9	6,2	5,6	5,4
	3		6,3	6,3	6,4	6,1
	4		4,5	8,1	5,6	5,9
20	0		4,4	6	5,4	6,1
	1		3,6	5	2,1	3,3
	2		2,3	6,2	3,4	3,6
	3		2,3	6,4	3,5	3,3
	4		2,2	6,5	2,2	3,4

Sumber : Data Primer (2024)

Untuk **Tabel 2** dapat dilihat bahwa penurunan kadar kekeruhan untuk setiap variasi diameter *hydrocyclone* sebagian besar masih belum memenuhi untuk baku mutu air minum yang dipersyaratkan [14]. Pada **Tabel 2** juga mengindikasikan hasil yang sama dengan percobaan pada parameter TSS dimana waktu sampling selama 4 menit memiliki hasil penurunan yang lebih baik daripada waktu sampling selama 0 sampai 3 menit, hal tersebut membuktikan bahwa flok pada reaktor flokulasi *hydrocyclone* membutuhkan waktu untuk melakukan pengendapan pada bagian *underflow*, selain itu bahan koagulan dari tawas sangat mempengaruhi dari waktu pengendapan flok tersebut [8]. Berbagai macam variasi penurunan yang terjadi pada reaktor *hydrocyclone* mengindikasikan bahwa hasil jar test belum tentu menyisihkan kadar parameter polutan secara optimum melalui penentuan dosis koagulan, dikarenakan faktor waktu pengendapan yang juga berbeda jauh dengan saat penelitian dimana pada jar test, air sampel dapat diendapkan selama 10 – 15 menit dibandingkan saat penelitian yang waktu untuk pengendapannya sangat singkat.

Pada **Tabel 2** juga terjadi perubahan pada penurunan kadar kekeruhan di dalam reaktor *hydrocyclone*, dimana contoh yang dapat terlihat dengan jelas terjadi pada variasi diameter *hydrocyclone* 15 cm dengan variasi debit 2 L/menit, dapat diperhatikan untuk waktu sampling 3 menit dan 4 menit terjadi peningkatan kadar kekeruhan yang signifikan. Sama seperti pada percobaan parameter TSS, hal ini disebut dengan fenomena ‘partial mixing’ [9]. Selanjutnya hasil data penurunan kadar kekeruhan pada **Tabel 2** akan dibuat dalam bentuk grafik untuk melihat besar persentase penyisihan kekeruhan untuk setiap variasi diameter reaktor flokulasi *hydrocyclone* dan variasi debit aliran yang ditunjukkan pada **Gambar 4**.



Gambar 4. Grafik Efisiensi Penyisihan Kekeruhan pada *Hydrocyclone*

Dari **Gambar 4** dapat diamati pada *hydrocyclone* variasi diameter 10 cm didapatkan hasil efisiensi penyisihan dengan nilai efisiensi tertinggi yaitu hanya 69 % dan rata-rata persentase penyisihan yang didapat untuk setiap variasi debit aliran yang digunakan yaitu 54,5 % untuk debit 1 L/menit; 59,6 % untuk debit 2 L/menit; 59,8 % untuk debit 3 L/menit; dan 54,14 % untuk debit 4 L/menit. Selanjutnya untuk penyisihan kekeruhan pada variasi *hydrocyclone* diameter 15 cm terlihat bahwa persentase penyisihan sedikit lebih baik dibandingkan dengan percobaan pada variasi sebelumnya, dimana persentase penyisihan tertinggi berada di angka 71 % dan untuk rata-rata persentase penyisihan yang didapatkan pada setiap variasi debitnya yaitu 62 % untuk debit 1 L/menit; 60 % untuk debit 2 L/menit; 60,25 % untuk debit 3 L/menit; dan 58 % untuk debit 4 L/menit. Lalu untuk variasi *hydrocyclone* diameter 20 cm untuk persentase penyisihan kekeruhannya sangat tinggi, dimana persentase penyisihan tertinggi berada di angka 86 % dan untuk rata-rata persentase penyisihan yang didapatkan pada setiap variasi debitnya yaitu 81 % untuk debit 1 L/menit; 79,5 % untuk debit 2 L/menit; 78,65 % untuk debit 3 L/menit; dan 74,9 % untuk debit 4 L/menit.

Hasil pengamatan pada **Gambar 4** juga menunjukkan persentase penyisihan yang sama dengan hasil analisa pada TSS, dimana untuk rata-rata persentase penyisihan kadar kekeruhan tertinggi yaitu pada variasi diameter 20 cm dengan nilai persentase berada diatas 70%, sedangkan untuk debit aliran yang paling optimum pada penelitian ini yaitu debit aliran 1 L/menit dengan nilai persentase rata-rata penyisihan kekeruhan sebesar 66%. Pada parameter kekeruhan diamati bahwa hasil persentase penyisihannya terdapat perbedaan dibandingkan dengan persentase penyisihan TSS, terjadinya perbedaan tersebut disebabkan oleh parameter kekeruhan yang memiliki partikel sangat halus dibandingkan dengan parameter TSS yang memiliki partikel lebih besar sehingga partikel kekeruhan lebih sulit untuk diendapkan [15]. Selain itu TSS lebih mudah bereaksi dengan koagulan dibandingkan dengan partikel yang menyebabkan kekeruhan, serta membutuhkan waktu pengendapan yang lebih lama untuk mendapatkan hasil penyisihan yang optimal [16]

Uji ANOVA Two-Way Penyisihan TSS

Berdasarkan hasil analisa laboratorium yang sudah dilakukan untuk setiap variasi pada *hydrocyclone* maka selanjutnya akan dibuat ANOVA yang berfungsi untuk mengetahui pengaruh dari tiap variabel terhadap penyisihan kadar TSS, hasil analisis ANOVA ditunjukkan pada **Tabel 3** berikut.

Tabel 3. Uji ANOVA Two-Way Penyisihan TSS

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-value	P-value
Debit	3	612,0	203,99	3,16	0,033
Diameter	2	4536,5	2268,23	35,13	0,000
Diameter*Debit	6	356,0	59,33	0,92	0,490
Error	48	3099,5	64,57		
Total	59	8603,9			

S = 8,03571 R-Sq = 63,98% R-sq(adj) = 55,72% R-sq(pred) = 43,71%

Pada **Tabel 3** menunjukkan untuk variabel debit dan diameter memiliki pengaruh signifikan serta sangat signifikan pada penyisihan kadar TSS karena nilai F-value lebih besar dari 1, Namun untuk variabel interaksi antara diameter dengan debit memiliki nilai F-value yang sangat kecil dan nilai P-value yang melebihi 0,05 dengan kata lain interaksi antara debit dan diameter tidak mempengaruhi variabel terikat secara signifikan. Selain itu untuk koefisien determinasinya (R-square) yang didapatkan yaitu sebesar 63,98%, persentase tersebut bisa dikatakan valid karena untuk minimal R-Square yang dapat diterima (variasi tersebut dapat dijelaskan) adalah sebesar 10% [17]. Dalam hal ini untuk nilai koefisien determinan (R-square) yang diperoleh untuk model ANOVA ini sebagian besar variasi dalam data dapat dijelaskan oleh faktor-faktor yang diuji, sedangkan sisanya sebesar 36,2% adalah variasi yang tidak bisa dijelaskan oleh model dan dianggap sebagai variasi acak (error).

Uji ANOVA Two-Way Penyisihan Kekeruhan

Pada pengujian ANOVA selanjutnya yaitu mengamati pengaruh dari tiap variabel terhadap penyisihan kadar kekeruhan. Hasil interpretasi data pengujian ANOVA akan ditampilkan pada **Tabel 4** berikut.

Tabel 4. Uji ANOVA Two-Way Penyisihan Kekeruhan

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-value	P-value
Debit	3	154,6	51,52	0,89	0,453
Diameter	2	5398,6	2699,28	46,66	0,000
Diameter*Debit	6	134,9	22,49	0,39	0,883

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-value	P-value
Error	48	3099,5	64,57		
Total	59	8603,9			

S = 7,60584 R-Sq = 67,20% R-sq(adj) = 59,68% R-sq(pred) = 48,74%

Dari **Tabel 4** terdapat perbedaan hasil dibandingkan dengan uji ANOVA pada penyisihan TSS, dimana hasil yang didapatkan untuk variabel diameter memiliki F-value yang lebih besar daripada 1, namun untuk variabel debit dan juga interaksi antara variabel diameter dengan debit memiliki nilai F-value yang kurang dari 1 disertai dengan nilai P-value yang melebihi 0,05 dengan kata lain untuk variabel debit dan juga interaksi antara variabel diameter dengan debit tidak memiliki pengaruh signifikan terhadap variabel terikat (kadar kekeruhan), akan tetapi untuk variabel diameter memiliki pengaruh signifikan terhadap variabel terikat (kadar kekeruhan).

Terjadinya perbedaan yang sangat kontras antara variabel debit aliran pada penyisihan TSS dengan variasi debit aliran pada penyisihan kekeruhan dapat disebabkan oleh beberapa faktor yaitu multikolinearitas, dimana hal tersebut terjadi jika dua atau lebih variabel independen memiliki korelasi yang sangat tinggi yang dapat menyebabkan perbedaan interpretasi hasil pada variabel dependen yang berbeda [18]. Sebagai contoh pada kasus kali ini bahwa terdapat variasi debit aliran dan juga diameter dimana kedua variabel ini dapat dikatakan sebagai variabel yang saling berkorelasi ($Q = V.A$). Selain itu terdapat juga faktor variabilitas tinggi yang menyebabkan terjadinya perbedaan P-value antara variasi debit aliran untuk parameter kekeruhan dengan parameter TSS, dimana hal tersebut juga disebabkan oleh fenomena "partial mixing" yang sudah dijelaskan sebelumnya. Untuk koefisien determinasi (R-square) yang didapatkan pada pengujian analisis ANOVA untuk penyisihan kekeruhan yaitu sebesar 67,20%, dalam hal ini untuk nilai koefisien determinan (R-square) yang diperoleh untuk model ANOVA penyisihan kekeruhan sebagian besar variasi dalam data dapat dijelaskan oleh faktor-faktor yang diuji, sedangkan sisanya sebesar 32,8% adalah variasi yang tidak bisa dijelaskan oleh model dan dianggap sebagai variasi acak (error).

4. Kesimpulan

Berdasarkan pengamatan dan interpretasi data yang telah dihasilkan untuk variasi diameter flokulasi *hydrocyclone* yang memiliki persentase penyisihan kadar TSS dan kekeruhan yang paling tinggi adalah *hydrocyclone* dengan variasi diameter sebesar 20 cm, lalu pada hasil pengamatan dan interpretasi data yang juga telah dihasilkan untuk variasi debit aliran flokulasi *hydrocyclone* yang memiliki persentase penyisihan kadar TSS dan kekeruhan yang paling tinggi adalah debit aliran dengan variasi 1 L/menit, dan dari hasil uji laboratorium pada tiap sampel dari berbagai variasi *hydrocyclone* dalam melakukan penyisihan TSS dan kekeruhan masih membutuhkan pengolahan air lebih lanjut untuk mendapatkan persentase penyisihan yang lebih optimal.

5. Referensi

- [1] Tarigan, M. S., & Edward, E. (2010). Kandungan total zat padat tersuspensi (total suspended solid) di perairan Raha, Sulawesi Tenggara. *Makara Journal of Science*, 7(3), 13.
- [2] Winoto, Eddyanto, and Selvia Aprilyanti. (2021). "Perbandingan Penggunaan Tawas dan PAC Terhadap Kekeruhan dan pH Air Baku PDAM Tirta Musi Palembang." *Jurnal Redoks* 6.2: 107-116.
- [3] Rohana, H., & Asmoro, C. P. (2020). Optimization test of ipomoea batatas l. leaf extract as a flocculent in water treatment for practicum in chemical analysis of environment course. *Proceedings of the 7th Mathematics, Science, and Computer Science Education International Seminar, MSCEIS 2019, January 2020*. <https://doi.org/10.4108/eai.12-10-2019.2296460>
- [4] Sripriya, R., Kaulaskar, M. D., Chakraborty, S., & Meikap, B. C. (2019). Studies on the performance of a *hydrocyclone* and modeling for flow characterization in presence and absence of air core. *Chemical Engineering Science*, 62(22), 6391–6402.
- [5] Abdullah, T. (2018). *Studi Penurunan Kekeruhan Air Permukaan dengan Proses Flokulasi Hydrocyclone Terbuka* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- [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] Peraturan Pemerintah No 22 Tahun 2021. (2021). Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Pedoman Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. *Sekretariat Negara Republik Indonesia*, 1(078487A), 483. <http://www.jdih.setjen.kemendagri.go.id/>

- [8] Lolo, E. U., Pambudi, Y. S., Gunawan, R. I., & Widiyanto, W. (2020). Pengaruh Koagulan PAC dan Tawas Terhadap Surfaktan dan Kecepatan Pengendapan Flok Dalam Proses Koagulasi Flokulasi. *Jurnal Serambi Engineering*, 5(4), 1295–1305. <https://doi.org/10.32672/jse.v5i4.2315>
- [9] Vijay, V. K. V. K., & Agarwal, U. S. (2020). Studies on Centrifugal Clarification of Sugarcane Juice - Possibilities and Limitations. *Development*, X, 1–11.
- [10] Kurniawan, A., & Chandra Wirasembada, Y. (2012). *Penentuan Efektivitas Desain Unit Cyclone untuk Mereduksi Partikulat di Udara*. <https://www.researchgate.net/publication/304580427>
- [11] Prakoso, H. (2018). *Uji Kinerja Unit Pengaduk Lambat Tipe Hidraulis*. https://repository.its.ac.id/53213/%0Ahttps://repository.its.ac.id/53213/1/03211440000021-Undergraduate_Thesis.pdf
- [12] Masduqi, A., Assomadi, A, F. 2012. *Operasi dan Proses Pengolahan Air*. Surabaya: itspress
- [13] Iskandar, H. R., Saputra, D. I., & Yuliana, H. (2019). Eksperimental Uji Keketuhan Air Berbasis Internet of Things Menggunakan Sensor DFRobot SEN0189 dan MQTT Cloud Server. *Jurnal Umj, Sigdel 2017*, 1–9.
- [14] Kementerian Kesehatan. (2023). Permenkes No. 2 Tahun 2023. *Kemenkes Republik Indonesia*, 55, 1–175.
- [15] Tsoutsas, E. K., Tolkou, A. K., Kyzas, G. Z., & Katsoyiannis, I. A. (2024). New Trends in Composite Coagulants for Water and Wastewater Treatment. *Macromol*, 4(3), 509–532. <https://doi.org/10.3390/macromol4030030>
- [16] Al Bazed, G. A., & Abdel-Fatah, M. A. (2020). Correlation between operating parameters and removal efficiency for chemically enhanced primary treatment system of wastewater. *Bulletin of the National Research Centre*, 44(1). <https://doi.org/10.1186/s42269-020-00368-y>
- [17] Ozili, P. K. (2022). The Acceptable R-Square in Empirical Modelling for Social Science Research. *SSRN Electronic Journal, January 2022*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4128165>
- [18] Shrestha, N. (2020). Detecting Multicollinearity in Regression Analysis. *American Journal of Applied Mathematics and Statistics*, 8(2), 39–42. <https://doi.org/10.12691/ajams-8-2-1>