

Perbandingan hasil uji jar test tawas dan kuriflock dalam mengelola *total suspended solid* (tss) pada air limbah penambangan batubara

Results comparison of tawas and kuriflock jar test in managing total suspended solid (TSS) in coal mining wastewater

Asri Fridtريanda^{1*}, Yunida Iashania, Yusias Andrie

¹⁻³ Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya

e-mail: asrifrid@mining.upr.ac.id

ABSTRAK

PT. Telen Orbit Prima merupakan perusahaan yang bergerak dibidang pertambangan batubara yang menghadapi tantangan dalam mengelola air limbah penambangan. Permasalahan yang terjadi adalah, nilai kadar *Total Suspended Solids* (TSS) yang tinggi. Apabila nilai kadar TSS tinggi, dapat menyebabkan penurunan kualitas air dan dapat memberikan dampak terhadap lingkungan disekitarnya. Sehingga diperlukan pengelolaan dalam menurunkan nilai kadar TSS yaitu dengan cara perlakuan kimia melalui proses koagulasi dan flokulasi. Adapun bahan kimia yang digunakan untuk proses koagulasi-flokulasi adalah tawas dan kuriflock. Untuk mengetahui dosis optimum tawas dan kuriflock dalam mengelola TSS maka diperlukan suatu Uji Jar Test dengan skala laboratorium. Berdasarkan hasil pengujian laboratorium secara Uji Jar Test, didapatkan dosis optimum tawas yang digunakan adalah 20 ppm karena persentasi penurunan TSS nya tinggi, yaitu 97% (TSS akhir = 18mg/l) dalam waktu 7 menit. Sedangkan dosis optimum kuriflock yang dapat digunakan adalah 3 ppm karena persentasi penurunan TSS nya tinggi, yaitu 97% (TSS akhir = 18mg/l) dalam waktu 1 menit. Perlakuan Kuriflock lebih cepat dalam menurunkan nilai kadar TSS karena membentuk flok lebih cepat dan besar, efektif pada dosis yang rendah dan efisiensi waktu yang lebih baik.

Kata-kata kunci: Tawas, Kuriflock, *Total Suspended Solids*

ABSTRACT

PT. Telen Orbit Prima is a company engaged in coal mining that faces challenges in managing mining wastewater. The problem that occurs is the high value of *Total Suspended Solids* (TSS). If the TSS value is high, it can cause a decrease in water quality and can have an impact on the surrounding environment. So that management is needed to reduce the TSS value, namely by chemical treatment through the coagulation and flocculation process. The chemicals used for the coagulation-flocculation process are alum and kuriflock. To determine the optimum dose of alum and kuriflock in managing TSS, a Jar Test is needed on a laboratory scale. Based on the results of laboratory testing using Jar Test, optimum dose of Alum used is 20 ppm because the percentage of TSS reduction is high, which is 97% (final TSS = 18mg / l) in 7 minutes. While optimum dose of kuriflock that can be used is 3 ppm because the percentage of TSS reduction is high, which is 97% (final TSS = 18mg / l) in 1 minute. Kuriflock treatment is faster in reducing TSS levels because it forms faster and larger flocs, is effective at low doses and has better time efficiency.

Keywords: Alum, Kuriflock, *Total Suspended Solid*

PENDAHULUAN

Sebagai perusahaan yang bergerak di bidang pertambangan batubara, PT. Telen Orbit Prima menghadapi tantangan dalam mengelola air limbah tambang. Permasalahan yang terjadi ialah, nilai kadar *Total Suspended Solids* (TSS) yang tinggi. Apabila nilai kadar TSS tinggi, dapat menyebabkan penurunan kualitas air dan dapat memberikan dampak terhadap lingkungan sekitar. Berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup 113 Tahun 2003 untuk nilai baku mutu air limbah kegiatan penambangan batubara nilai TSS nya adalah 400 mg/l. Apabila nilai TSS melebihi 400 mg/l maka perlu dilakukan suatu langkah pengelolaan agar kualitas air sesuai dengan baku mutu yang ditetapkan [1].

Salah satu langkah *treatment* pengelolaan dalam menurunkan nilai kadar TSS yaitu dengan cara perlakuan kimia. Perlakuan dengan cara kimia melalui proses koagulasi dan flokulasi. Proses koagulasi dan flokulasi bertujuan untuk memisahkan polutan koloid tersuspensi dari dalam air dengan memperbesar ukuran partikel-partikel padat yang terkandung didalamnya. Adapun bahan kimia yang digunakan untuk proses koagulasi-flokulasi adalah tawas dan kuriflock. Kedua bahan kimia tersebut dapat memisahkan polutan koloid tersuspensi dari dalam air dengan memperbesar ukuran partikel-partikel padat yang terkandung didalamnya. Menurut Juliansyah (2017) penggunaan aluminium sulfat menggunakan proses koagulasi dapat mengurangi kadar TSS pada air limbah tambang dengan cara mengikat partikel-partikel pengotor yang kemudian menggumpal pada dasar air. Proses koagulasi dan flokulasi inilah yang pada umumnya digunakan untuk menjernihkan air limbah baik dalam skala menengah maupun skala besar. [2].

Dengan adanya beberapa jenis bahan kimia seperti tawas dan kuriflock, maka perlu dilakukan suatu pengujian guna mengetahui perbedaan antara Tawas dan *Kuriflock* dalam mengelola TSS. Salah satu pengujian yang dapat dilakukan yaitu Uji Jar Test. Uji Jar Test adalah suatu percobaan skala laboratorium untuk menentukan kondisi optimum pada proses pengolahan air limbah penambangan batubara khususnya TSS. Jar Test mensimulasikan beberapa tipe pengadukan dan pengendapan yang terjadi pada skala laboratorium. Jar test memiliki variable kecepatan putar pengaduk yang dapat mengontrol energi yang diperlukan untuk proses. Sehingga dengan pengujian *Jar Test* dapat membandingkan perbedaan antara Tawas dan Kuriflock dalam mengelola TSS [3].

METODOLOGI

Pada penelitian ini dilakukan dengan beberapa langkah yaitu persiapan peralatan penelitian, pengambilan sampel air dan pengujian skala laboratorium, pengolahan data dan analisis data.

Persiapan Alat dan Bahan Penelitian

Adapun peralatan penelitian yang digunakan dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel-1. Alat dan bahan penelitian

No	Perlengkapan Penelitian	Kegunaan
Bahan Penelitian		
1	Tawas	Sebagai bahan kimia dalam mengelola TSS
2	Kuriflock	Sebagai bahan kimia dalam mengelola TSS
3	Sampel Air Limbah Penambangan Batubara	Sebagai bahan Uji Jar Test
Peralatan Lapangan		
4	Botol Plastik	Sebagai alat pengambilan sampel air (untuk pengujian laboratorium)
5	Jerigen	Sebagai alat penampung sampel air (untuk pengujian laboratorium)
Peralatan Laboratorium		
6	Beaker Glass 1000ml	Menampung sampel air untuk Uji Jar Test
7	TSS Monitor Partech	Mengukur TSS pada sampel air
8	Alat Jar Test Velp Jlt Flocculator	Flokulator atau alat pengujian flokulasi (mesin pengaduk)
9	pH Meter	Alat pengukur derajat keasaman sampel air

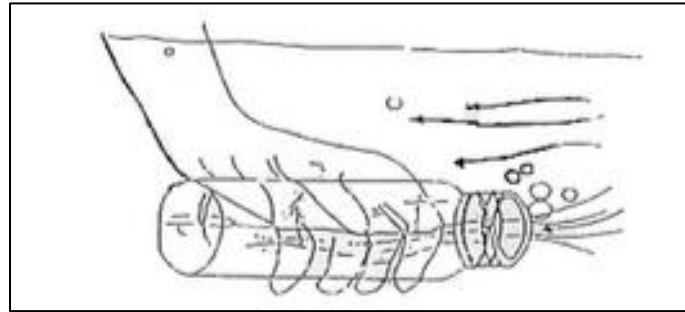
Pengambilan Sampel Air

Pengambilan sampel air diawali dengan penentuan titik lokasi pengambilan sampel. Sampel air yang akan digunakan berasal dari tambang (*sump* timur 1 dan *sump* timur 2) dan air limpasan daerah sekitar, yaitu OPD (*Out Pit Dump*) 2.



Gambar-1. Pengambilan sampel air di lapangan

Pengambilan sampel air menggunakan tata cara SNI 6989.57:2008 Tentang Air dan Air Limbah-Bagian 57 : Metoda Pengambilan Contoh Air Permukaan [4]. Botol sampel dicuci terlebih dahulu dengan air suling, lalu dibilas 3 kali dengan air dari lokasi yang akan diambil sampelnya. Botol air mineral ukuran 600 ml digunakan sebagai alat pengambilan contoh air botol biasa secara langsung yang kemudian dikumpulkan ke dalam jerigen 5 liter.



Gambar-2. Pengambilan sampel air dengan botol plastik

Pengujian Skala Laboratorium

Uji Jar Test dilakukan untuk mengetahui perbedaan laju pengendapan tawas dan kuriflock dalam mengelola TSS. Prosedur pelaksanaan uji ini adalah sebagai berikut :

1. Persiapan Larutan Tawas dan *Kuriflock*
 - a. Larutan tawas disiapkan dengan melarutkan tawas ke dalam 1 liter air suling
 - b. Larutan kuriflock disiapkan dengan melarutkan tawas ke dalam 1 liter air suling
2. Penyiapan Sampel Air
 - a. Setiap *beaker glass* dalam alat jar tes diisi dengan 1000 ml sampel air
 - b. Dilakukan pengukuran pH dan TSS awal
 - c. Melakukan uji sampel air tanpa perlakuan (tanpa tawas dan tanpa kuriflock) pada parameter pH dan TSS
3. Proses Koagulasi dan Flokulasi
 - a. Masing-masing *beaker glass* akan diberi dosis tawas yang berbeda-beda yaitu 3ppm, 5ppm, 8ppm, 10ppm, 15ppm dan 20ppm
 - b. Masing-masing *beaker glass* akan diberi dosis kuriflock 1ppm, 3ppm, 5ppm dan 8ppm.
4. Proses Sedimentasi
 - a. Setelah pengadukan ditunggu untuk melihat proses pembentukan flok dan pengendapan.
 - b. Kemudian catat waktu pengendapan

Pengolahan dan Analisis Data

Pengolahan data menggunakan Microsoft Excel untuk menganalisis laju pengendapan dari penggunaan Tawas dan Kuriflock.

HASIL DAN DISKUSI

Total Suspended Solid

Permasalahan umum yang terjadi pada perusahaan tambang adalah meningkatnya kadar *Total Suspended Solid* (TSS). TSS merupakan ukuran dari jumlah partikel yang tersuspensi di dalam air yang tidak dapat larut namun dapat disaring. Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan, ada beberapa faktor yang menyebabkan nilai kadar TSS naik, yaitu [5]:

1. Dampak Penggalan dan Pengerukan Tanah
Partikel padat yang tersuspensi dalam air berupa tanah. Hal tersebut terjadi karena sumber air sampel yang diambil dekat dengan kegiatan operasional penambangan yaitu penggalan dan pengerukan tanah sehingga menyebabkan tanah terangkat dan terbawa oleh air hujan sehingga dapat meningkatkan kadar TSS.
2. Erosi
Faktor lain yang menyebabkan meningkatnya nilai kadar TSS karena adanya erosi lahan terbuka akibat dari tidak adanya vegetasi permukaan sehingga membuat tanah lebih mudah tererosi. Tanah yang tererosi terbawa air hujan sehingga meningkatkan nilai kadar TSS.
3. Aktivitas Alat Berat Yang Beroperasional
Faktor terakhir yang menyebabkan naiknya kadar TSS yaitu adanya aktivitas alat berat yang dapat menyebabkan debu dan partikel halus berterbangan yang kemudian dapat terbawa oleh hujan ke aliran air.

Uji Jar Test

Untuk menurunkan nilai kadar TSS yang tinggi maka diperlukan suatu pengolahan dengan menggunakan bahan kimi seperti Tawas dan Kuriflock. Namun, sebelum dilakukan kegiatan pengolahan di lapangan perlu dilakukan Uji *Jar Test* untuk mengetahui dosis optimum dalam mengelola TSS di lapangan. Uji Jar Test adalah suatu percobaan dengan skala laboratorium yang berfungsi untuk menentukan dosis optimum dengan menggunakan sampel air yang sama namun dengan dosis yang berbeda-beda [6].

1. Pengujian Sampel Air Tanpa Perlakuan

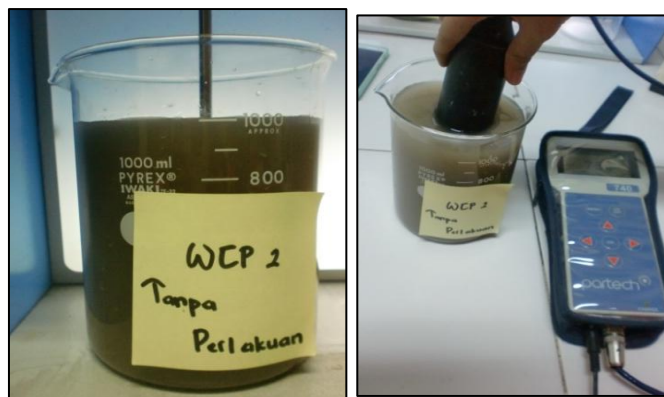
Pengujian sampel air tanpa perlakuan dilakukan sebagai langkah awal untuk menentukan kondisi awal air. Hal ini bertujuan untuk mengetahui seberapa tinggi kandungan nilai TSS, pH dan lama waktu pengendapan. Selain itu, dengan adanya pengujian sampel air tanpa perlakuan, data ini dapat dijadikan sebagai pembandingan dengan data sampel air yang telah diberi perlakuan. Dengan begitu dapat diketahui efektivitas dan perubahan yang terjadi antara sampel air tanpa perlakuan dengan sampel air yang diberi perlakuan.

Sampel air yang digunakan diambil dengan simulasi curah hujan yang sangat tinggi sehingga air yang diambil dalam kondisi sangat keruh dan nilai TSS yang sangat tinggi. Sampel air dimasukan ke dalam *beaker glass* kemudian dilakukan pengukuran dengan hasil data pada tabel 2 dibawah ini.

Tabel-2. Uji *jar test* tanpa perlakuan

Tanpa Perlakuan			
pH	TSS Awal (mg/l)	Waktu Pengendapan	TSS Akhir (mg/l)
7,8	702	03:10:21	72

Data diatas menunjukkan bahwa nilai pH 7,8 (sesuai baku mutu), sedangkan nilai kadar TSS nya yaitu 702 mg/l (tidak sesuai baku mutu). Sampel air tanpa perlakuan tersebut mampu menurunkan TSS sesuai baku mutu (<400 mg/l) dalam waktu 3 jam 10 menit 21 detik. Hal tersebut menunjukkan waktu penurunan yang lama, sehingga apabila tidak dilakukan tanpa adanya penambahan bahan kimia seperti Tawas dan Kuriflock maka tidak efektif. Pada gambar dibawah terlihat perbedaan antara sampel air yang material nya belum terendapkan (kiri) dan sampel air yang materialnya telah terendapkan.



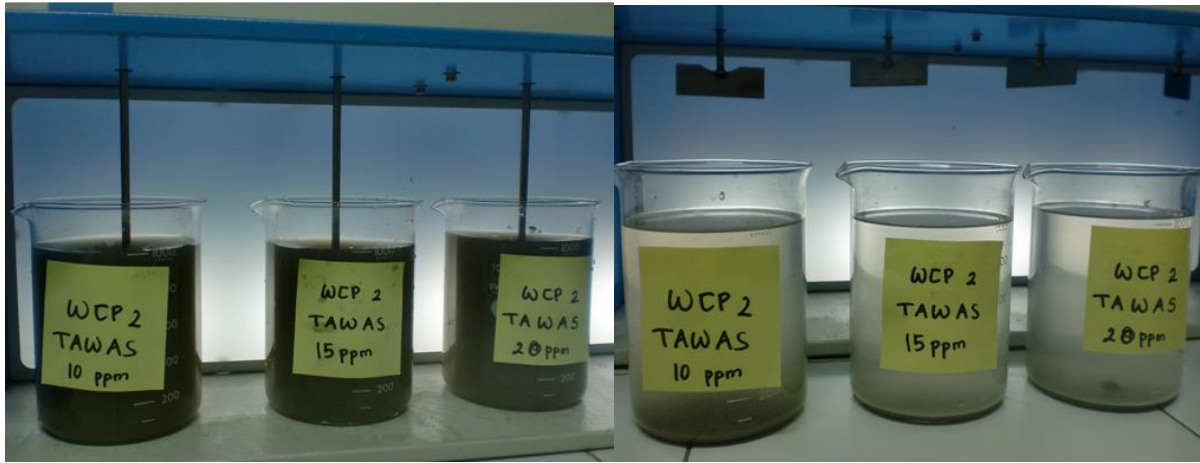
Gambar-3. Beaker glass tanpa perlakuan bahan kimia

2. Pengujian Sampel Air Dengan Tawas

Dengan sampel air yang sama dilakukan uji Jar Test untuk mengetahui dosis optimum tawas yang dapat digunakan. Dosis yang digunakan pada Uji *Jar Test* ini adalah 3 ppm, 5 ppm, 8 ppm, 10 ppm, 15ppm, dan 20 ppm [7].

Tabel-3. Uji *jar test* pada perlakuan tawas

Perlakuan Tawas					
Dosis (ppm)	Ph	TSS awal (mg/l)	Waktu Pengendapan	TSS Akhir (mg/l)	% Penurunan
3 ppm	8,4	702	59 m : 37 s	95	86%
5 ppm	8,5	702	48 m : 16 s	75	89%
8 ppm	8,6	702	39 m : 2 s	56	90%
10 ppm	7,7	702	17 m : 34 s	24	96%
15 ppm	7,8	702	9 m : 26 s	16	97%
20 ppm	8,2	702	7 m : 03 s	18	97%



Gambar-4. Uji jar test pada perlakuan tawas

Setelah dilakukan pengujian, didapat dosis optimum tawas yaitu 20 ppm karena persentasi penurunan TSSnya tinggi, yaitu 97% (TSS akhir = 18mg/l) dalam waktu 7 menit. Penentuan dosis optimum ini dilakukan dengan memperhatikan persentasi penurunan TSS dan waktu tinggal air.

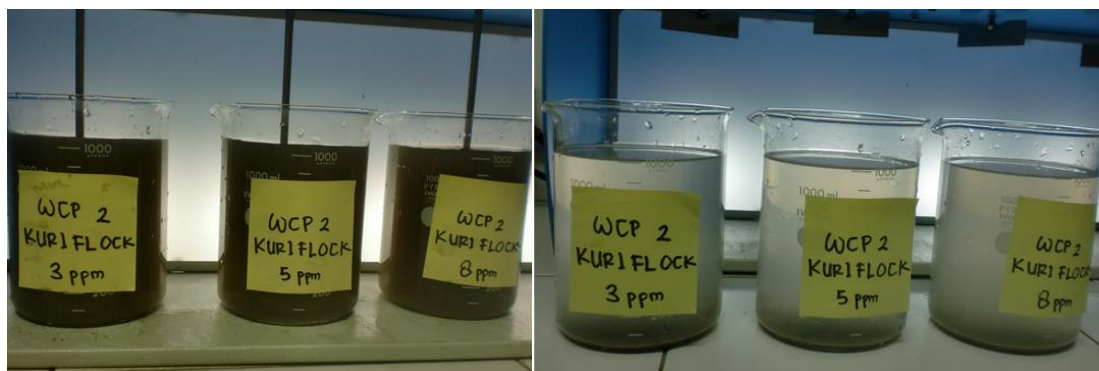
Berdasarkan pengamatan selama Uji Jar Test mekanisme Tawas dalam menurunkan kadar TSS melalui proses koagulasi dan flokulasi, mengubah partikel-partikel halus di dalam air menjadi gumpalan besar (flok) dan mengendap di dasar *beaker glass* sehingga air menjadi lebih jernih.

3. Pengujian Sampel Air Dengan Kuriflock

Dengan sampel air yang sama dilakukan uji Jar Test untuk mengetahui dosis optimum Kuriflock yang dapat digunakan. Dosis yang digunakan pada Uji Jar Test ini adalah 1 ppm, 3 ppm, 5 ppm dan 8 ppm. Adapun data pengujian Jar Test dapat dilihat pada tabel 4 dibawah ini [8].

Tabel-4. Uji jar test pada perlakuan kuriflock

Perlakuan Kuriflock					
Dosis (ppm)	pH	TSS awal (mg/l)	Waktu Pengendapan	TSS Akhir (mg/l)	% Penurunan
1 ppm	8,7	702	4 m : 40 s	16	97%
3 ppm	8,1	702	1 m : 50 s	18	97%
5 ppm	8,1	702	2 m : 19 s	16	97%
8 ppm	8,1	702	2 m : 55 s	22	97%



Gambar-5. Uji jar test pada perlakuan kuriflock

Dasar penentuan dosis optimum untuk pengujian sampel air dengan kuriflock adalah waktu pengendapan. Hal ini dilakukan untuk menyesuaikan kebutuhan implementasi di lapangan, karena air limbah penambangan yang mengalir di *settling pond* bekerja secara kontinu dan memiliki waktu terbatas sebelum air limbah mengalir ke badan sungai. Setelah dilakukan pengujian, didapat dosis optimum kuriflock yaitu 3 ppm karena persentasi penurunan TSSnya tinggi, yaitu 97% (TSS akhir = 18mg/l) dalam waktu 1 menit 50 detik. Berdasarkan pengamatan selama Uji Jar Test mekanisme Kuriflock dalam menurunkan kadar TSS melalui proses koagulasi dan flokulasi berbasis polimer yang lebih kuat sehingga mengikat potongan kecil partikel membentuk flok besar dan berat sehingga mudah partikel mudah mengendap.

Sedangkan pada parameter pH terjadi penurunan, yang semula 8,7 turun menjadi 8,1. Hal ini menunjukkan bahwa, pengolahan dengan menggunakan Kuriflock memberikan pengaruh terhadap perubahan pH. Hal ini selaras dengan

penelitian yang dilakukan oleh Sulaeman (2021), bahwa pada pengujian Kuriflock yang dilakukan juga terjadi penurunan pH [9].

Material Tersuspensi

Adapun tampak jenis material bawaan yang terbawa air pada WCP 4 adalah lempung (*clay*). Secara umum, *clay* memiliki karakteristik sebagai berikut :

1. Berukuran halus ($0,002\text{mm}$)
2. Butiran tunggal tidak tampak mata
3. Sulit mengendap
4. Jika bertemu air menjadi lumpur
5. Plastis
6. Kohesif



Gambar-6. Material Bawaan Air

Evaluasi Perbandingan Perlakuan Tawas dan Kuriflock

Setelah dilakukan pengujian, didapat dosis optimum Kuriflock yang dapat digunakan adalah 3 ppm karena persentase penurunan TSSnya tinggi, yaitu 97% (TSS akhir = 18mg/l) dalam waktu 1 menit. Penentuan dosis optimum ini dilakukan dengan memperhatikan persentase penurunan TSS dan waktu tinggal air.

Jika ditinjau dari banyaknya jumlah dosis yang diberikan antara Tawas dan Kuriflock, terkhususnya pada dosis 3 ppm, menunjukan bahwa perlakuan kuriflock lebih cepat dalam menurunkan nilai kadar TSS karena membentuk flok lebih cepat dan besar, efektif pada dosis yang rendah dan efisiensi waktu yang lebih baik [10][11].

Tabel-5. Parbandingan Pengujian Sampel

Parameter	Tanpa Perlakuan	Tawas	Kuriflock
Efektivitas	Tidak efektif	Baik, tapi terbatas pada jenis partikel tertentu. Hal ini berdasarkan pengamatan uji jar test, masih ada partikel yang terkandung di dalam air.	Sangat efektif, bisa menjangkau partikel halus
Jumlah Dosis	Tidak ada, karena memanfaatkan waktu tunggu pengendapan	Relatif lebih banyak. Hal ini dibuktikan berdasarkan pengamatan uji jar test, menunjukan dosis yang lebih banyak yaitu 20 ppm lebih cepat mengendapkan partikel.	Relatif lebih kecil. Hal ini dibuktikan berdasarkan pengamatan uji jar test, menunjukan dosis 3 ppm cepat menurunkan nilai kadar TSS
Kecepatan Reaksi	Lama	Waktu kecepatan reaksi laju pengendapan sedang, yaitu .7 menit	Waktu kecepatan reaksi laju pengendapan cepat, yaitu 1 menit.
Biaya Bahan	Tidak ada, karena tanpa perlakuan.	Lebih murah	Lebih mahal

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Pengujian sampel air tanpa perlakuan (*control*) mampu menurunkan TSS dalam waktu 3 jam 10 menit 21 detik.
2. Dosis optimum tawas yang dapat digunakan adalah 20 ppm karena persentasi penurunan TSSnya tinggi, yaitu 97% (TSS akhir = 18mg/l) dalam waktu 7 menit.
3. Dosis optimum Kuriflock yang dapat digunakan adalah 3 ppm karena persentasi penurunan TSSnya tinggi, yaitu 97% (TSS akhir = 18mg/l) dalam waktu 1 menit
4. Perlakuan Kuriflock lebih cepat dalam menurunkan nilai kadar TSS karena membentuk flok lebih cepat dan besar, efektif pada dosis yang rendah dan efisiensi waktu yang lebih baik.

Adapun saran yang dapat diberikan pada penelitian ini yaitu :

1. Untuk peneliti selanjutnya, terkhususnya dilokasi penelitian yang sama, dapat melakukan penelitian lanjutan dengan dosis skala lapangan yang dapat di dilakukan di *settling pond*.
2. Untuk peneliti selanjutnya, dapat melakukan penelitian dengan nilai dosis yang lebih beragam.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada perusahaan dan pihak laboratorium PT. Telen Orbit Prima yang telah memberi kesempatan untuk dapat melakukan penelitian. Terimakasih juga kepada pihak-pihak lain yang turut membantu dalam penyelesaian penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Azhari, P.S., Rande, S.A., & Adnyano, A.A.I., “Study of Total Suspended Solid Reduction in Coal Mine Water Management in Block III of PT. Antang Gunung Meratusm South Tapin District, South Kalimantan Province”, *Journal of Applied Sciences, Management and Engineering Technology*, vol. 4, no. 2, 2023.
- [2] Harahap, Juliansyah, “Efektivitas Penggunaan Aluminium Sulfat Dalam Menurunkan Kadar TSS (Total Suspended Solid) Air Limbah Penambangan Batubara Di PT. X”, *Elkawnie Journal of Islamic Science and Technology*, vol. 3, no. 2, 2017.
- [3] Khair, R.M., Riduan, R., Mazaya, G.I., Purnama, L & Pramaningsih, “Penentuan Dosis Optimum FC Solution 2911 untuk Menurunkan Total Suspended Solid Pada Air Asam Tambang PT. Hasnur Riung Sinergi BRE”, *Jukung : Jurnal Teknik Lingkungan*, vol. 8, no. 2, 2022.
- [4] *Air dan air limbah – Bagian 57: Metoda pengambilan contoh air permukaan*, SNI 6989.57-2008
- [5] H. Sudiana, “Analisis Perbandingan Pemberian Konsentrasi Tawas Terhadap Penurunan Konsentrasi Total Suspended Solid (TSS) Pada Proses Pengolahan Air Limbah di IPAL RSUD 45 Kuningan”, *Syntax Literate: Jurnal Ilmiah Indonesia*, 2019.
- [6] Sulaeman, “Kajian Pengelolaan Air Asam Tambang untuk Mengurangi Kadar Total Suspended Solid (TSS) dengan Metode Jar Test Menggunakan Reagen Kuriflock PC-702 agar Tercapainya Baku Mutu Air Limbah Di KPL Tower 4 PT. Bukit Asam Tbk”, *Jurnal Eksakta Kebumian*, vol. 2 no. 1. 2021.
- [7] K.D Sasin, “Penentuan Dosis Optimum Koagulan untuk Menurunkan Kadar Total Suspended Solid (TSS) pada Air limbah Tambang Batubara”, Skripsi, Program Sarjana Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Nasional Malang, 2023.
- [8] A. Tantowy, Syarifudin, A & Haris, “Efektivitas Penggunaan Kuriflock dalam Menurunkan Kadar TSS, Besi dan Mangan Pada Air Tambang di Settling Pond PT. Adaro Indonesia”, *Jurnal Sains Farmasi dan Kesehatan*, vol. 2, no. 2, 2024.
- [9] Rahma, C., & Rahminiani, C. Penggunaan Tawas dalam Menurunkan Kadar Total Suspended Solid Air Limbah Batubara. *Jurnal Optimalisasi*. Vol. 7, No. 1, 2021.
- [10] Tandiarang, Jenita, “Studi Perbandingan Penggunaan Tawas Dan Kapur Padam Pada Pengolahan Air Asam Tambang Di PT. Kaltim Diamond Coal Kecamatan Loa Kulu Kabupaten Kutai Kartanegara Kalimantan Timur”, *Jurnal Teknologi Mineral FT UNMUL*, vol 4, no. 1, 2016.
- [11] C. Rahma, & C. Rahminiani, “Penggunaan Tawas dalam Menurunkan Kadar Total Suspended Solid Air Limbah Batubara”, *Jurnal Optimalisasi*, vol. 7, no. 1, 2021.

