

EFEKTIVITAS BENTUK PADATAN KAPORIT DALAM PENGOLAHAN LIMBAH CAIR BAHAN ADITIF INDUSTRI KONSTRUKSI TERHADAP *TURBIDITY* DAN *TOTAL SUSPENDED SOLID*

Azizah Ladini¹, Haris Puspito Buwono¹, I Komang Budi Arta²

¹Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang 65141, Indonesia

²PT Additon Karya Sembada, Tbk, Jl. Raya Surabaya - Malang KM 53, Sukorejo, Pasuruan, Indonesia

azizahladini@gmail.com ; [haris.puspito@polinema.ac.id]

ABSTRAK

Limbah cair industri konstruksi mempunyai kandungan *turbidity*, *total dissolved solid* (TDS) dan *total suspended solid* (TSS) yang tinggi dan dapat berdampak negatif pada lingkungan jika tidak diolah dengan baik. Pengolahan air limbah konstruksi yang efektif diperlukan untuk menurunkan kadar *turbidity*, TDS dan TSS agar memenuhi baku mutu dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 22 Tahun 2021 tentang penyelenggaraan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup. Tujuan penelitian ini adalah mengurangi dampak lingkungan dengan mengembangkan metode efektif untuk polusi air dan tanah akibat limbah industri. Metode ini dilakukan secara koagulasi flokulasi dengan penambahan kaporit, tawas, dan lempung pada limbah PT Additon Karya Sembada, Tbk. Limbah cair bahan aditif memiliki nilai derajat keasaman (pH) yang konstan yaitu 7. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan kaporit dan tawas berbentuk padatan lebih efektif dalam menurunkan *turbidity*, TDS, dan TSS. Serbuk kaporit yang ditambahkan menunjukkan nilai *turbidity*, TDS, TSS secara berturut-turut mencapai nilai 4,47 NTU, 1960 ppm, 8 mg/L pada 0,75 gram kaporit dan 1 gram tawas, dan pada penambahan larutan kaporit menunjukkan nilai *turbidity*, TDS, TSS secara berturut-turut mencapai nilai 11,7 NTU, 3360 ppm, 2 mg/L pada 110 mL kaporit dan 10 mL tawas. Nilai-nilai tersebut menunjukkan bahwa kualitas air limbah telah memenuhi PP No. 02 Tahun 2021 golongan 2 kecuali pada parameter TDS.

Kata kunci: *additif, air limbah, koagulasi flokulasi, kaporit, kekeruhan*

ABSTRACT

Construction industry wastewater has high turbidity, total dissolved solid (TDS) and total suspended solid (TSS) content and can have a negative impact on the environment if not treated properly. Effective construction wastewater treatment is needed to reduce turbidity, TDS and TSS levels to meet the quality standards in Government Regulation of the Republic of Indonesia No. 22 of 2021 concerning the implementation of environmental protection and management. The aim of this research is to reduce environmental impact by developing effective methods for water and soil pollution due to industrial effluents. This method is carried out by coagulation flocculation with the addition of chlorine, alum, and clay in the waste of PT Additon Karya Sembada, Tbk. The research conducted shows that the treatment of liquid waste additives using the flocculation coagulation method with the addition of chlorine and alum in the form of solids of 0.25 - 1 gram or in the form of a solution with a concentration of 104 ppm. The added chlorine powder shows the value of turbidity, TDS, TSS successively reaching values of 4.47 NTU, 1960 ppm, 8 mg/L at 0.75 grams of chlorine and 1 gram of alum. While the addition of chlorine solution shows the value of turbidity, TDS, TSS successively reaches a value of 11.7 NTU, 3360 ppm, 2 mg/L at 110 mL chlorine and 10 mL alum. The best result of the three parameters is by using chlorine

powder, alum and clay. These values indicate that the quality of wastewater has met PP No. 02 of 2021 class 2 except for par

Keywords: *additives, wastewater, flocculation coagulation, chlorine, turbidity*

1. PENDAHULUAN

Pengolahan limbah industri sangat penting untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Proses produksi industri melibatkan penggunaan berbagai bahan kimia yang menghasilkan limbah cair. Jika tidak diolah dengan benar, limbah ini dapat mencemari sumber air dan tanah, merusak ekosistem, serta membahayakan kesehatan manusia dan hewan. Selain itu, regulasi pemerintah yang semakin ketat menuntut industri untuk mengelola limbahnya sesuai standar lingkungan yang berlaku. Teknologi pengolahan limbah yang efektif, seperti sistem pengolahan biologis, kimiawi, dan fisik, diperlukan untuk meminimalkan pencemaran dan memulihkan kualitas air. Pengolahan limbah juga dapat mendukung keberlanjutan dengan mengurangi penggunaan air bersih dan mengolah kembali air limbah untuk proses produksi. Kesadaran dan partisipasi pelaku industri dalam upaya pengelolaan limbah yang baik sangat penting untuk mencapai lingkungan yang lebih bersih dan sehat. PT Additon Karya Sembada (PT AKS), Tbk memproduksi bahan kimia aditif untuk konstruksi bangunan. Bahan tersebut dapat mencemari lingkungan jika tidak diolah secara khusus. Limbah industri tersebut didapatkan dari air pencucian alat selama proses pembersihan. Sehingga perlu dilakukan pengolahan limbah dengan metode yang lain sebagai alternatif, salah satunya adalah metode koagulasi-flokulasi [1].

Metode koagulasi-flokulasi adalah proses pengolahan yang relatif sederhana [2]. Proses koagulasi berfungsi untuk mengurangi muatan negatif pada partikel karena adanya gaya tarik menarik sehingga membentuk gumpalan flok-flok kecil [3]. Koagulan ini menyebabkan partikel-partikel halus dan koloid dalam air limbah untuk menggumpal bersama-sama menjadi partikel yang lebih besar yang disebut flok. Pada tahap flokulasi, flok-flok ini digabungkan menjadi agregat yang lebih besar melalui pengadukan lambat, sehingga dapat diendapkan atau disaring lebih mudah [4]. Arus listrik menyebabkan logam elektroda melepaskan ion-ion yang bertindak sebagai koagulan, ion-ion ini mengikat partikel tersuspensi dan koloid dalam air, membentuk flok yang lebih besar dan lebih mudah diendapkan atau disaring. Limbah yang diproses dengan elektrolit NaCl dan menggunakan metode elektrokoagulasi pada limbah batik dapat menurunkan intensitas warna hingga 91,38% [5]. Pengolahan limbah zat warna terdispersi dengan metode elektroflotasi dapat menurunkan tingkat warna hingga 93,3% [6]. Proses ini efektif dalam menghilangkan warna, kekeruhan, dan beberapa jenis bahan organik dan anorganik dari air limbah. Koagulasi-flokulasi sering digunakan dalam pengolahan air minum, air industri, dan air limbah domestik karena kemampuannya yang tinggi dalam mengurangi polutan dan meningkatkan kualitas air. Keberhasilan metode ini sangat tergantung pada jenis dan dosis koagulan yang digunakan, serta kondisi operasi seperti pH dan waktu pengadukan. Dosis bahan kimia sangat penting sebagai penentuan keadaan optimum sebuah proses. Dosis yang tepat membuat proses pengolahan limbah cair menjadi lebih efektif. Penelitian yang menggunakan penambahan kaporit menunjukkan bahwa kaporit dapat memutus ikatan rangkap warna [7]. Kombinasi penambahan kaporit dan tawas dengan rasio konsentrasi yaitu 1:1 mampu menurunkan

warna limbah cair industri batik berkisar 82,68% hingga 99,57% [8]. Pengolahan air bersih menggunakan salah satu bahan kimia kaporit sebanyak 0,5 gram dalam 1000 Liter air dapat menurunkan warna hingga menjadi tidak berwarna [9]. Penggunaan kaporit tidak hanya digunakan untuk menurunkan warna dari limbah cair, namun digunakan juga untuk pengolahan air sumur bor menjadi air bersih. Pengolahan tersebut menggunakan metode koagulasi-flokulasi dengan penambahan kaporit, dosis optimum yang didapatkan adalah 5 mg/L dengan efisiensi penurunan parameter warna hingga 95,59% [10]. Percobaan untuk menghilangkan warna dan zat organik dalam air gambut menggunakan 0,05 g kaporit dapat menghilangkan warna mencapai 99,20% [11]. Pengaplikasian koagulan biji asam jawa yang mengandung protein, pati, dan tanin dapat menurunkan zat warna hingga 94,29% menggunakan metode koagulasi-flokulasi [12]. Koagulan alami yang digunakan selain biji asam jawa adalah koagulan serbuk biji hanjeli, koagulan tersebut dapat menurunkan kekeruhan air hingga 83% [13]. Penelitian lain menggunakan koagulan FeSO_4 dapat menurunkan TDS sebesar 23%, TSS sebesar 99,9%, dan warna sebesar 99,9% [14].

Berdasarkan latar belakang tersebut, pengolahan limbah ini memiliki beberapa tujuan bagi keberlanjutan lingkungan dan efisiensi operasional industri. Salah satu tujuan utamanya adalah mengurangi dampak lingkungan dengan mengembangkan metode efektif untuk mengurangi polusi air dan tanah akibat limbah industri. Selain itu, penelitian ini bertujuan meningkatkan efisiensi pengolahan limbah, baik dari segi biaya operasional maupun kecepatan dan efektivitas penanganan berbagai jenis limbah. Penelitian juga difokuskan pada upaya menghasilkan produk sampingan yang bernilai ekonomis, seperti memanfaatkan kembali limbah industri menjadi bahan baku sekunder atau sumber energi. Hal ini juga mencakup mencari cara untuk mendaur ulang limbah industri menjadi bahan yang dapat digunakan kembali dalam proses produksi. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi alternatif pengolahan limbah cair PT AKS, Tbk. dalam meningkatkan kualitas pengolahan air limbah dan mengembangkan pengolahan air limbah yang lebih efektif dan ramah lingkungan.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah dari PT AKS, Tbk. Limbah ini berasal dari air pencucian mesin yang mengandung lignosulfonat, untuk mengolah limbah tersebut digunakan beberapa bahan kimia yang efektif dalam menurunkan kekeruhan dan kontaminasi. Bahan kimia utama yang digunakan adalah kaporit untuk menurunkan intensitas warna, tawas digunakan sebagai koagulan untuk mengendapkan partikel-partikel terlarut dalam air, lempung digunakan sebagai tambahan padatan tersuspensi, serta aquadest digunakan sebagai pelarut.

2.2. Metode Penelitian

Penelitian yang dilakukan adalah pengolahan limbah dengan metode koagulasi flokulasi menggunakan *jar test*. Limbah yang digunakan sebanyak 500 mL. Pengaturan kecepatan pada *jar test* terdiri dari 3 langkah, yaitu penambahan kaporit diikuti pengadukan cepat (100 rpm) selama 1 menit, penambahan koagulan tawas dan padatan tersuspensi lempung diikuti pengadukan lambat (30 rpm) selama 20 menit, dan pengendapan flok.

2.3. Variabel

Variabel bebas yang digunakan adalah massa padatan kaporit yang dapat dilihat dalam tabel 1, dalam tabel tersebut menggunakan bahan dengan wujud padatan dengan satuan gram. Variabel bebas yang kedua adalah larutan kaporit yang dapat dilihat dalam tabel 2, dalam tabel tersebut menggunakan bahan kimia dengan bentuk larutan yang memiliki konsentrasi sebesar 10^4 ppm. Variabel tetap yang digunakan dalam penelitian ini adalah massa tawas, volume tawas, massa lempung, waktu pengoperasian, dan kecepatan putar *jar test*.

Tabel 1. Identitas Sampel Padatan

No	Keterangan	Kaporit (gram)	Tawas (gram)	Lempung (gram)
1	K1	1	1	1
2	K2	2	1	1
3	K3	3	1	1
4	K4	4	1	1
5	K5	5	1	1
6	K6	6	1	1

Tabel 2. Identitas Sampel Larutan

No	Keterangan	Kaporit (mL)	Tawas (mL)	Lempung (gram)
1	L1	10	10	1
2	L2	20	10	1
3	L3	30	10	1
4	L4	40	10	1
5	L5	50	10	1
6	L6	60	10	1
7	L7	70	10	1
8	L8	80	10	1
9	L9	90	10	1
10	L10	100	10	1
11	L11	110	10	1

2.4. Analisis

Analisis dilakukan pada sampel hasil proses koagulasi-flokulasi dengan metode spektrofotometri dan gravimetri. Analisis pertama yang digunakan adalah analisis kekeruhan. Analisis tersebut bertujuan untuk mengetahui nilai kekeruhan dalam limbah menggunakan tubidimeter dengan satuan NTU. Analisis TSS dilakukan untuk mengetahui jumlah padatan tersuspensi di dalam limbah konstruksi. Analisis TSS menggunakan metode gravimetri [15]. Nilai TSS dihitung dengan persamaan.

$$TSS \left(\frac{mg}{L} \right) = \frac{(b-a)}{\text{volume sampel awal}} \times 1000 \quad TSS \left(\frac{mg}{L} \right) = \frac{(b-a)}{\text{volume sampel awal}} \times 1000 \quad (1)$$

Keterangan:

- b : massa akhir
a : massa awal

Analisis TDS dilakukan untuk mengetahui jumlah padatan terlarut di dalam limbah cair industri konstruksi dengan menggunakan TDS meter yang memiliki satuan ppm [16].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

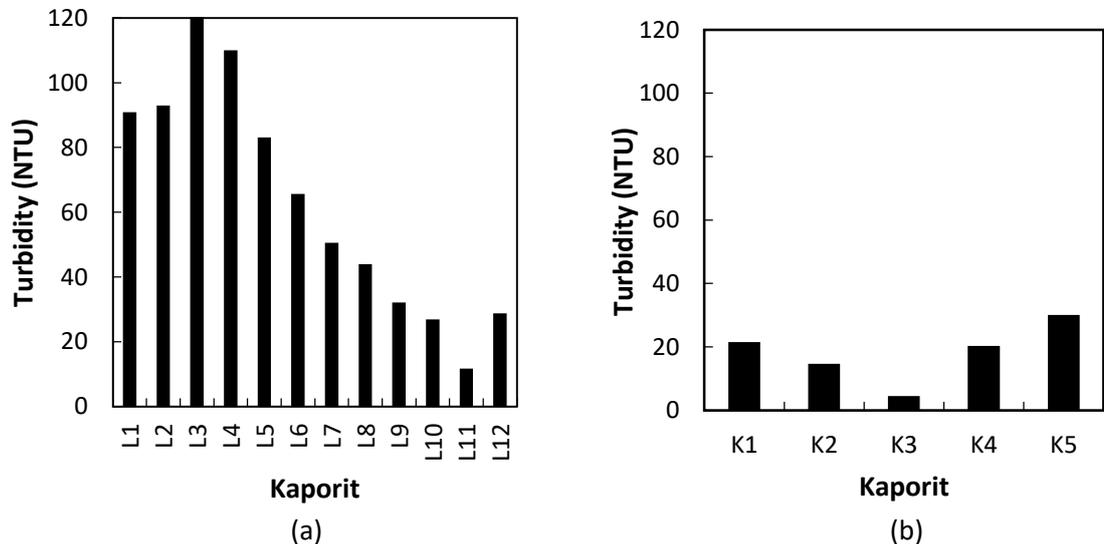
Proses koagulasi-flokulasi secara umum dilakukan dengan dua tahapan, yaitu proses koagulasi dengan pengadukan cepat dan pembentukan flok (flokulasi) dengan pengadukan lambat. Pengadukan cepat pada proses koagulasi bertujuan untuk mempercepat proses pencampuran tawas dan air limbah, sehingga partikel-partikel pada air limbah tercampur merata dengan tawas dan reaksi koagulasi terjadi secara efektif. Selain itu, pengadukan cepat juga berperan dalam mempercepat pembentukan flok dengan membantu partikel-partikel terikat menjadi flok yang lebih besar dan padat [17]. Sementara itu, pengadukan lambat pada proses flokulasi berfungsi untuk membantu flok terbentuk dengan lebih baik dan teratur. Pengadukan lambat dapat membantu partikel-partikel yang sudah menggumpal menjadi flok yang lebih besar dan padat dengan cara mengikat partikel-partikel ke dalam flok yang sudah ada, sehingga flok dapat terbentuk secara merata dan optimal serta dapat meminimalkan kerusakan pada flok yang sudah terbentuk [18]. Penelitian koagulasi-flokulasi dilakukan dengan menggunakan metode jar test. Hasil yang diperoleh dari proses koagulasi-flokulasi dianalisis secara spektrofotometri dan gravimetri.

3.1. Pengaruh Kaporit terhadap *Turbidity*

Penelitian dilakukan untuk mengetahui pengaruh kaporit terhadap kekeruhan dengan metode spektrofotometri yaitu menggunakan turbidimeter. Hasil menunjukkan hubungan antara kadar larutan kaporit dengan tingkat kekeruhan yang diukur dalam satuan NTU (*Nephelometric Turbidity Units*). Kekeruhan merupakan salah satu parameter yang digunakan untuk mengukur kualitas air, di mana semakin tinggi nilai NTU, semakin keruh air tersebut. Hasil uji yang dilakukan menunjukkan bahwa, pada titik pengamatan L1 hingga L4, terlihat bahwa nilai kekeruhan cukup tinggi, dengan nilai mendekati 120 NTU, hal ini menunjukkan bahwa pada tahap-tahap awal pengamatan, air masih sangat keruh. Titik pengamatan L5 hingga L8, terdapat penurunan yang signifikan dalam nilai kekeruhan. Nilai NTU menurun dari sekitar 90 pada L4 menjadi sekitar 50 pada L8. Penurunan ini menunjukkan bahwa penambahan larutan kaporit mulai efektif dalam mengurangi kekeruhan air, sedangkan pada titik pengamatan L9 hingga L12, nilai kekeruhan terus menurun hingga mendekati 0 NTU, hal ini menunjukkan bahwa pada tahap akhir pengamatan, air menjadi jauh lebih jernih, hampir tanpa kekeruhan yang terdeteksi.

Kaporit yang digunakan dalam bentuk serbuk memiliki hasil yang berbeda dengan larutan kaporit seperti pada gambar 1 (b), dalam titik pengamatan K1, nilai kekeruhan berada di sekitar 20 NTU, hal tersebut menunjukkan bahwa air pada titik ini memiliki tingkat kekeruhan yang cukup rendah. Komposisi K2 memiliki nilai kekeruhan sedikit menurun dibandingkan dengan K1, menunjukkan bahwa penambahan kaporit pada titik ini sedikit lebih efektif dalam mengurangi kekeruhan. Penurunan kekeruhan yang signifikan terlihat pada K3, di mana nilai NTU mendekati 0, menandakan efektivitas tinggi dari penambahan kaporit pada tahap ini. Namun, pada K4, nilai kekeruhan kembali meningkat tetapi masih di bawah 20 NTU, sedangkan pada titik pengamatan K5, nilai kekeruhan naik cukup signifikan mendekati 40 NTU, menunjukkan bahwa pada tahap ini, penambahan kaporit tidak seefektif sebelumnya. Penambahan kaporit ke dalam limbah akan menjadikan

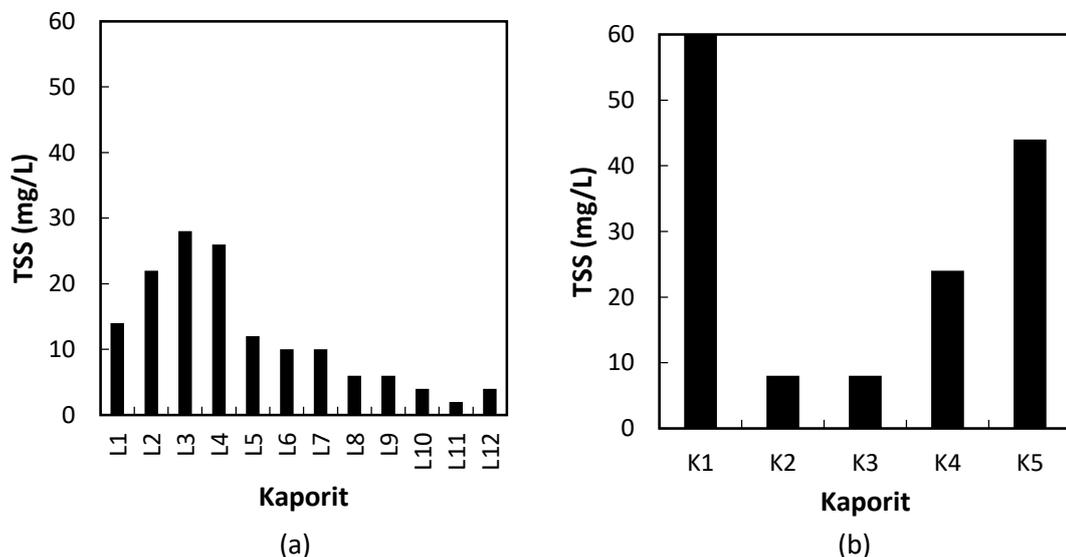
penurunan warna yang sangat signifikan [1]. Penambahan kaporit memiliki dosis optimum yang berfungsi untuk menurunkan intensitas warna pada komposisi kaporit sebesar 3 gram.



Gambar 1. Pengaruh (a) larutan kaporit (b) padatan kaporit terhadap *Turbidity*

3.2. Pengaruh Kaporit terhadap TSS

Hasil dari pengujian air limbah menggunakan larutan kaporit dan larutan tawas terhadap TSS disajikan dalam Gambar 2 (a). Penelitian dilakukan dengan metode gravimetri. Hasil menunjukkan hubungan antara kadar larutan kaporit dengan TSS. Hasil uji yang dilakukan menunjukkan bahwa, pada titik pengamatan L1 hingga L3, terlihat bahwa nilai TSS cukup tinggi, dengan nilai mendekati 30 mg/L. Titik pengamatan L4 hingga L12, terdapat penurunan yang signifikan. Nilai TSS menurun hingga mendekati 0 mg/L pada L11, hal ini menunjukkan bahwa pada tahap akhir pengamatan, air limbah tidak mengandung padatan tersuspensi. Hal ini telah diuji pada penelitian yang menggunakan larutan kaporit dan tawas untuk menurunkan TSS air limbah.

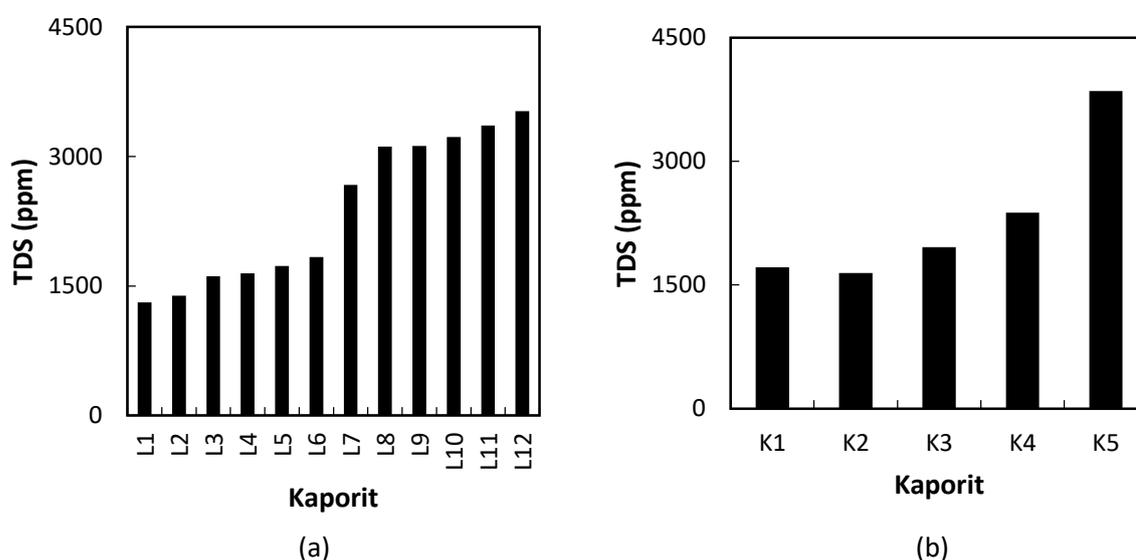


Gambar 2. Pengaruh (a) Larutan Kaporit (b) Padatan Kaporit terhadap TSS

Semakin besar dosis yang diberikan maka nilai TSS akan semakin kecil. Kaporit yang digunakan dalam bentuk serbuk memiliki hasil yang berbeda dengan larutan kaporit seperti pada gambar 2 (b), dalam titik pengamatan K1, nilai TSS berada di 60 mg/L, hal tersebut menunjukkan bahwa air pada titik ini memiliki padatan tersuspensi yang cukup tinggi. Komposisi K2 dan K3 memiliki nilai TSS yang sama dibawah 20 mg/L, dibandingkan dengan variabel K1, kedua titik tersebut memiliki kadar TSS yang paling rendah. Titik K4 dan K5 menunjukkan nilai TSS yang meningkat hingga lebih dari 40 mg/L. Hal tersebut dikarenakan terdapat HClO dalam larutan kaporit. HClO akan mengeluarkan atom-atom oksigen yang aktif membunuh bakteri dan mikroorganisme pada air. Semakin banyak HClO yang terbentuk, maka semakin banyak atom oksigen yang lepas sehingga akan menurunkan kadar TSS karena daya desinfeksi makin besar [19]. Naiknya kadar TSS diakibatkan oleh restabilisasi partikel koloid [20]. Semakin banyak dosis kaporit, maka daya desinfeksi makin besar, sehingga kaporit dapat menurunkan kadar TSS [19].

3.3. Pengaruh Kaporit terhadap TDS

Hasil dari pengujian air limbah menggunakan larutan kaporit dan larutan tawas terhadap TDS disajikan dalam Gambar 3 (a). Penelitian ini dilakukan menggunakan alat TDS meter. Penambahan larutan kaporit ataupun larutan tawas dapat meningkatkan nilai TDS, sehingga penambahan koagulan dengan jumlah sedikit efektif untuk mendapatkan nilai TDS yang rendah. Hasil uji yang dilakukan menunjukkan bahwa, setiap titik pada gambar 3(a) mengalami kenaikan yang cukup signifikan. Hal ini berbanding terbalik dengan hasil penelitian mengenai pengolahan air sungai lambidaro yang menggunakan tawas dan larutan kaporit sebagai koagulan sehingga dapat menurunkan nilai TDS air limbah [19]. Hasil penelitian yang telah dilakukan, nilai TDS meningkat dari titik L1 hingga titik L12. Hal ini disebabkan penggunaan konsentrasi larutan kaporit yang terlalu tinggi, karena pada penelitian penggunaan kaporit memiliki keadaan optimumnya sebesar 160 ppm [21]. Larutan kaporit cenderung dapat menurunkan TDS karena sifatnya sebagai oksidator yang menghilangkan senyawa besi maupun mangan yang terlarut dalam air. Hasil yang berbanding terbalik ini dapat disebabkan oleh dosis larutan kaporit yang terlalu besar sehingga tidak efektif dalam penurunan nilai TDS air limbah.



Gambar 3. Pengaruh (a) Larutan Kaporit (b) Padatan Kaporit terhadap TDS

Grafik 3(b) menunjukkan peningkatan nilai TDS terjadi seiring dengan penambahan dosis padatan kaporit. Semakin banyak dosis padatan kaporit yang digunakan maka semakin banyak mineral yang teroksidasi sehingga dapat menurunkan nilai TDS [19]. Hasil uji dari penggunaan kaporit berbentuk padat memberikan hasil yang berbeda untuk setiap dosis. Titik K1 dan K2 ini adalah dosis optimum dari penggunaan padatan kaporit dalam parameter TDS. Hal ini terjadi karena perbedaan dosis dalam penggunaan kaporit. Kaporit dengan dosis besar dapat menyebabkan nilai TDS menjadi sangat tinggi.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Pengolahan air limbah PT AKS yang menggunakan metode koagulasi-flokulasi menunjukkan hasil yang bervariasi dalam memenuhi baku mutu air limbah. Metode ini efektif dalam menurunkan parameter kekeruhan dan TSS sesuai dengan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 03 Tahun 2010 tentang Baku Mutu Air Limbah untuk Kawasan Industri, namun metode ini tidak dapat memenuhi baku mutu air limbah untuk parameter TDS (*Total Dissolved Solids*) yang diatur dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 22 Tahun 2021. Meskipun metode koagulasi-flokulasi tidak dapat memenuhi semua parameter baku mutu yang ditetapkan dalam PP 22 tahun 2021, metode ini tetap dapat menjadi alternatif pengolahan air limbah yang efektif untuk mengurangi kekeruhan dan TSS.

Pengolahan limbah ini diperlukan analisis lebih lanjut untuk parameter lain seperti BOD (*Biological Oxygen Demand*) dan COD (*Chemical Oxygen Demand*) untuk memastikan kepatuhan terhadap baku mutu air limbah secara menyeluruh.

REFERENSI

- [1] 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, Mar 2024.
- [2] S. S. Yunanda, "Pengolahan Lindi Sayuran Rumah Kompos Keputran dengan Proses Koagulasi-Flokulasi-Oksidasi menggunakan Alum-PAC-Kaporit," Skripsi, Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2019.
- [3] 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. 9, hal. 169–175, 2022.
- [4] Nurdiani, "Penentuan Optimasi Koagulan PAC dan Alum pada Air Limbah Tekstil dengan Metode Jar Test," *Warta Akab*, vol. 44, no. 283, hal. 26–31, 2020.
- [5] N. Fatimah, Alimuddin, dan R. Gunawan, "Penurunan Intensitas Warna Remazol Red RB 133 dalam Limbah Batik dengan Elektrokoagulasi menggunakan NaCl," *Jurnal Atomik*, vol. 03, no. 1, hal. 39–46, 2018.
- [6] Haryono, M. Faizal, C. Liamita, dan A. Rostika, "Pengolahan Limbah Zat Warna Tekstil Terdispersi dengan Metode Elektroflotasi," *EduChemia (Jurnal Kimia dan Pendidikan)*, vol. 3, no. 1, hal. 94–105, 2018.
- [7] A. F. Rusydi, D. Suherman, dan N. Sumawijaya, "Pengolahan Air Limbah Tekstil Melalui Proses Koagulasi – Flokulasi Dengan Menggunakan Lempung Sebagai Penyumbang Partikel Tersuspensi (Studi Kasus: Banaran, Sukoharjo Dan Lawean, Kerto Suro, Jawa Tengah)," *Arena Tekstil.*, vol. 31, no. 2, 2017.

- [8] D. H. Sari, "Penggunaan Koagulan Ganda dan Koagulan Oksidator dalam Pengolahan Limbah Cair Industri Batik," *Advancing the World of Information and Environment*, vol. 4, no. 2, hal. 39–44, 2021.
- [9] Melliana, Azmi, T. Mesra, Fitria, dan S. Manullang, "Pengolahan Air Bersih dengan Metode Eksperimen untuk Penggunaan Air Bersih," *SNPKM: Seminar Nasional Pengabdian Kepada Masyarakat.*, vol. 5, no. 1, hal. 198–206, 2024.
- [10] A. R. Anggun, R. E. Sanjaya, U. Kadaria, dan G. C. Asbanu, "Pengolahan Air Sumur Bor Menjadi Air Bersih Menggunakan Proses Koagulasi-Filtrasi," *Al-Ard: Jurnal Teknik Lingkungan*, vol. 9, no. 2, hal. 53–60, 2024.
- [11] D. Suherman dan N. Sumawijaya, "Removing Colour and Organic Content of Peat Water Using Coagulation and Flocculation Method In Basaltic Condition," *RISSET: Geologi dan Pertambangan*, vol. 23, no. 2, hal. 127–140, 2013.
- [12] A. Martina, D. S. Effendy, dan J. N. M. Soetedjo, "Aplikasi Koagulan Biji Asam Jawa dalam Penurunan Konsentrasi Zat Warna Drimaren Red pada Limbah Tekstil Sintetik pada Berbagai Variasi Operasi," *Jurnal Rekayasa Proses*, vol. 12, no. 2, hal. 40, 2018.
- [13] M. Febrianti, N. Pramitasari, dan A. M. Kartini, "Dosis Koagulan Optimum pada Proses Koagulasi Flokulasi Menggunakan Koagulan Serbuk Biji Hanjeli dalam Menurunkan Kekeruhan," *Dampak: Jurnal Teknik Lingkungan*, vol. 20, no. 1, hal. 1, 2023.
- [14] N. I. Nilasari dan S. N. Wulandari, "Penurunan COD, TDS, TSS, Warna pada Limbah batik dengan berbagai Jenis Kaogulan," *Seminar Nasional Teknik Kimia Soebardjo Brotohardjono XVI*, no. 3, hal. 1–8, 2020.
- [15] 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, Mar 2024.
- [16] A. R. Dewi dan K. Sa'diyah, "Pengaruh Jenis Adsorben Batuan terhadap Parameter Limbah Cair Mall X melalui Pengolahan secara Adsorpsi," *DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 10, no. 1, hal. 303–315, Mar 2024.
- [17] R. Jannah, "Pemanfaatan Tanaman Biji Jawa (*Tamarindus indica* L.) sebagai Biokoagulan untuk Pengolahan Limbah Cair Industri Pengolahan Ikan," Skripsi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry, 2020.
- [18] M. Hadiwidodo, M. N. Ainurrofiq, Purwono, dan W. Oktiawan, "Penggunaan Nano-bio Koagulan dari Cangkang Keong Sawah (*Pila ampullacea*) untuk Menurunkan COD, Kekeruhan, dan TSS Limbah Cair Industri Farmasi," *Jurnal Presipitasi*, vol. 16, no. 3, hal. 133–139, 2019.
- [19] T. Aziz, D. Pratiwi, dan L. Rethiana, "Pengaruh Penambahan Tawas $Al_2(SO_4)_3$ dan Kaporit $Ca(OCl)_2$ terhadap Karakteristik Fisik dan Kimia Air Sungai Lambidaro," *Jurnal Teknik Kimia*, vol. 19, no. 3, hal. 55–65, 2013.
- [20] Asrul, "Efektivitas Metode Kombinasi Fitoremediasi dan Filtrasi dalam Menurunkan Kadar BOD; COD; dan TSS Limbah Cair Industri Tahu pada Usaha Tahu Ridwan di Kota Makassar," Skripsi, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Hasanuddin, 2022.
- [21] S. Aini, "Optimasi Dosis Koagulan Untuk Pengolahan Air Sungai Suko," *Eksergi*, vol. 18, no. 1, hal. 1, 2021.