

PENGARUH KECEPATAN PENGADUKAN TERHADAP PENYISIHAN PARAMETER NILAI TSS DAN *TURBIDITY* PADA PROSES PENGOLAHAN LIMBAH CAIR INDUSTRI KRIMER

Dini Fitria Marta Fadila¹, Asalil Mustain¹, Bernardete Ferdinata Dandel²

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

²PT. Lautan Natural Krimerindo, Jl. Mojosari-Pacet No.4 , Mojokerto 61383, Indonesia

dinifitria706@gmail.com ; [asalil89@polinema.ac.id]

ABSTRAK

Limbah cair hasil proses industri merupakan bahan sisa operasi pabrik yang mempunyai karakteristik tertentu dan tersuspensi dalam air. Limbah cair termasuk jenis polutan berbahaya dan beracun. Penelitian ini bertujuan untuk menurunkan tingkat kekeruhan limbah cair dari industri krimer melalui penambahan koagulan, sehingga kandungan Total Suspended Solid (TSS) dapat dianalisis. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh jenis koagulan dan kecepatan pengadukan terhadap efektivitas penyisihan pada air limbah industri krimer. Penelitian ini dilakukan menggunakan metode observasi dengan pengumpulan data secara langsung pada sampel limbah cair industri krimer. *Flocculant Tester FP4* digunakan untuk proses pengolahan limbah cair industri krimer. Sampel limbah cair sebanyak 500 ml ditambahkan koagulan *Aluminium Chlorohydrate* (ACH), *Poli Aluminium Chlorida* (PAC), dan *Polydadmac* dengan dosis sebesar 0,0024 ; 0,0032 ; 0,0040 ; 0,0044 ; dan 0,0052 v/v. Dengan variasi dosis tersebut, dosis yang paling optimum yaitu 2 ml pada masing-masing koagulan dengan kecepatan pengadukan yang optimal pada 100 rpm selama 1 menit untuk koagulan dan 20 rpm selama 30 detik untuk flokulan. Dari beberapa koagulan yang telah dianalisis, koagulan *Aluminium Chlorohydrate* (ACH) menunjukkan hasil kemampuan penurunan nilai TSS yang paling efektif dari koagulan lainnya. Kecepatan pengadukan pada proses pengolahan limbah cair krimer yang paling efektif sekitar 100 rpm selama 1 menit. Pengaruh kecepatan pengadukan yang optimal dapat membantu pembentukan flok cukup besar sehingga dapat meningkatkan efektifitas proses pengendapan. Selain itu, kecepatan pengadukan sangat berpengaruh terhadap efisiensi proses pengolahan air limbah.

Kata kunci: jar test, koagulasi-flokulasi, koagulan, limbah cair krimer, TSS

ABSTRACT

Liquid waste resulting from industrial processes is a byproduct of factory operations that has certain characteristics and is suspended in water. Liquid waste is classified as a type of hazardous and toxic pollutant. This research aims to reduce the turbidity level of wastewater from the creamer industry through the addition of coagulants so that the Total Suspended Solid (TSS) content can be analyzed. In addition, this research also aims to evaluate the influence of the type of coagulant and stirring speed on the effectiveness of the treatment of cream industry wastewater. This research was conducted using the observation method with direct data collection on samples of industrial cream wastewater. Flocculant Tester FP4 is used for the treatment process of industrial cream wastewater. A 500 ml sample of industrial cream wastewater was added with coagulants Aluminium Chlorohydrate (ACH), Poly Aluminium Chloride (PAC), and Polydadmac at doses of 0.0024, 0.0032, 0.0040, 0.0044, and 0.0052 v/v. With these dosage variations, the most optimum dosage is 2 ml for each coagulant with an optimal stirring speed of 100 rpm for 1 minute for the coagulant and 20 rpm for 30 seconds for the flocculant. From the several coagulants that have been analyzed, aluminum chlorohydrate (ACH) coagulant showed the most effective ability to reduce TSS values compared to other coagulants. The stirring speed

in the cream wastewater treatment process that is most effective is around 100 rpm for 1 minute. The influence of optimal stirring speed can help form sufficiently large flocs, thereby increasing the effectiveness of the sedimentation process. In addition, the stirring speed greatly affects the efficiency of the wastewater treatment process.

Keywords: jar test, coagulation-flocculation, coagulant, creamer effluent, TSS

1. PENDAHULUAN

Limbah yang dihasilkan industri merupakan salah satu masalah besar di era perkembangan industri saat ini. Setiap aktivitas atau proses produksi yang dilakukan manusia pasti menghasilkan limbah, tidak semua limbah dapat dibuang begitu saja. Ada beberapa limbah yang dapat didaur ulang untuk dimanfaatkan kembali. Industri di Indonesia berkembang sangat pesat dan berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh limbah industri. Limbah cair dibagi menjadi dua jenis yaitu limbah cair industri dan domestik. Kedua jenis limbah tersebut memiliki tingkat resiko bahaya beragam. Limbah cair yang dihasilkan industri krimer mengandung berbagai komponen yang berpotensi mencemari lingkungan. Oleh karena itu, limbah tersebut harus diolah dengan sebaik mungkin, karena limbah merupakan bagian dari proses produksi [1]. Limbah cair industri krimer memiliki karakteristik rentan terhadap bakteri pengurai. Hal ini menyebabkan limbah menjadi lebih mudah membusuk, menimbulkan bau tidak sedap dan air menjadi keruh. Setiap industri harus memiliki Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang layak supaya hasil limbah cair dapat memenuhi persyaratan baku mutu limbah [2]. Pengolahan air limbah pada industri krimer memiliki batas nilai *Total Suspended Solid* (TSS) yang sesuai dengan standar baku mutu limbah, sehingga proses pengolahan berupa pretreatment koagulasi-flokulasi diperlukan. Pengolahan air limbah diperlukan untuk mengubah karakteristik dan menghilangkan kontaminan bahaya limbah atau polutan yang terkandung dalam limbah krimer untuk memastikan limbah memenuhi standar baku mutu yang ditetapkan, sehingga aman untuk dibuang ke lingkungan, tidak mencemari atau merusak ekosistem alami disekitarnya [3].

Proses pengolahan limbah cair krimer menggunakan bantuan alat *Flocculant Tester FP4*. Koagulasi-flokulasi adalah salah satu metode yang sering digunakan untuk menangani proses pengolahan limbah cair, karena metode ini dianggap cukup mudah, murah dan aman [4]. Prinsip koagulasi pada proses pengolahan air baku terdapat partikel padatan bermuatan negatif yang cenderung saling tolak-menolak. Oleh karena itu, penambahan koagulan bermuatan positif dapat membantu menetralisasi limbah dan membuat partikel padatan akan saling tarik-menarik membentuk flok [5]. Industri Krimer menggunakan bantuan bahan kimia seperti koagulan, flokulan, polimer untuk proses pengolahan limbah dengan proses koagulasi-flokulasi. *Aluminium Chlorohydrate* (ACH), *Poly Aluminium Chloride* (PAC), dan *Polydadmec* merupakan salah satu jenis koagulan baru yang dapat digunakan dalam pengolahan limbah cair krimer [6]. ACH dapat meningkatkan ukuran partikel koloid dan pembentukan flok yang mudah mengendap. ACH memiliki kerapatan muatan kation lebih tinggi dari jenis koagulan lainnya, sehingga dapat menghilangkan partikel koloid dengan baik [7]. PAC merupakan jenis koagulan baru pengganti tawas yang tingkat korosinya lebih rendah dan flok yang dihasilkan mudah terpisah. Proses koagulasi-flokulasi menghasilkan air limbah yang dapat dimanfaatkan kembali dalam proses produksi [8]. Penambahan dosis koagulan dan kecepatan pengadukan mempengaruhi hasil penyisihan parameter nilai TSS dan *turbidity* pengolahan limbah cair

industri krimer. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh koagulan dan kecepatan pengadukan terhadap penyisihan parameter nilai TSS dan *turbidity* pada proses pengolahan limbah cair industri krimer PT Lautan Natural Krimerindo. Pengolahan limbah cair industri krimer dilakukan dua pengukuran dengan sampel limbah berbeda, pada sampel limbah hari pertama ditambahkan koagulan ACH, PAC, dan *Polydadmec* dengan variasi dosis yang sama sebesar 0,004 v/v pada sampel hari kedua ditambahkan 0,002 v/v koagulan pada tiap sampel. Selanjutnya ditambahkan flokulan pada tiap sampel sebanyak 2 mg/L pada hari pertama dan kedua dosis yang di tambahkan sama untuk membantu menggabungkan flok menjadi ukuran lebih besar. Setelah dilakukan proses pengadukan dengan *Flocculant Tester FP4* yang bertujuan untuk menghomogenkan semua sampel limbah cair, kemudian diendapkan selama 2,5 menit untuk membentuk flok. Kecepatan pengadukan yang diberikan berpengaruh pada hasil nilai TSS [9].

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di laboratorium industri krimer, dimana metode pengumpulan data dilakukan secara observasi pada sampel limbah cair industri krimer. Analisis untuk mengetahui pengaruh koagulan dan kecepatan pengadukan terhadap kemampuan penyisihan parameter koagulan dan kecepatan pengadukan dilakukan analisis nilai TSS dan *turbidity* [9].

2.1. Koagulasi-Flokulasi

Dalam pengolahan limbah industri, proses koagulasi-flokulasi sangat penting untuk mengurangi konsentrasi zat terlarut dan menghilangkan partikel tersuspensi dari limbah cair yang dibuang ke lingkungan. Prosedur pengolahan limbah dimulai dengan menyiapkan 4 buah gelas beaker 500 ml, sampel limbah dimasukkan dalam gelas beaker masing-masing sebanyak 500 ml. Bahan baku yang digunakan adalah sampel limbah cair industri krimer, dan berbagai jenis koagulan. Penelitian ini dilakukan dengan cara koagulasi-flokulasi menggunakan beberapa jenis koagulan seperti ACH, PAC, dan *Polydadmec*. Penelitian dilakukan dengan menggunakan alat *Flocculant Tester TP4* yang berbentuk persegi dan memiliki empat batang pengaduk yang dilengkapi penanda kecepatan pengadukan. Koagulan ACH, PAC dan *Polydadmec* ditambahkan pada masing-masing sampel dengan volume sebesar 0,004 v/v. Gelas beaker berisi sampel diletakkan pada *Flocculant Tester TP4* dan dilakukan pengadukan cepat pada kecepatan 100 rpm selama 1 menit dan pengadukan lambat pada kecepatan 20 rpm selama 30 detik. Hasil dari pengadukan diendapkan selama 2,5 menit untuk pembentukan flok. Setelah itu, analisis parameter dilakukan TSS dan *turbidity* pada sampel limbah cair krimer.

2.2. Koagulan *Aluminium Chlorohydrate*

Aluminium Chlorohydrate (ACH) adalah larutan polialuminium hidrosiklorida yang terpolimerisasi dengan rumus kimia (Al_2O_3). ACH memiliki tingkat kebasaaan 83%, dengan konsentrasi aluminium Al_2O_3 sebesar 32%wt dan kandungan aluminium oksida antara 46%-50% termasuk yang tertinggi pada larutan basis poli aluminium. Kebasaan menunjukkan tingkat netralisasi asam dan polimerisasi aluminium dalam ACH [11]. Aluminium klorohidrat (ACH) memiliki padatan muatan kation yang tinggi sehingga mampu menghilangkan partikel koloid dengan baik. Partikel koloid yang memiliki ukuran lebih besar menyebabkan flok yang terbentuk lebih mudah menguap [7].

2.3. Koagulan *Poli Aluminium Chlorida*

Poli Aluminium Chlorida (PAC) merupakan polimer anorganik yang terbuat dari aluminium klorida yang memiliki kemampuan menurunkan TSS secara signifikan, karena PAC memiliki struktur polimer yang kompleks. Dengan tingkat korosivitas yang rendah dan pH yang luas, flok yang terbentuk lebih mudah mengendap [12]. Dalam pengolahan limbah, PAC berperan membantu mengumpulkan partikel kecil terlarut dalam air sehingga mudah mengendap.

2.4. *Turbidity*

Turbidity atau kekeruhan merupakan bahan pencemar yang disebabkan oleh adanya partikel koloid atau suspensi dari air limbah. Pengukuran *turbidity* dilakukan dengan alat turbidimeter yang dikalibrasi dengan sampel standar yang memiliki nilai turbiditas 0,01 NTU [4].

2.5. *Total Suspended Solid (TSS)*

Total Padatan Suspensi adalah jumlah partikel tersuspensi yang terperangkap filter memiliki ukuran partikel maksimal 2,0 μm dan dapat mengendap. Analisis TSS dilakukan untuk menentukan jumlah padatan tersuspensi dalam air pada satuan mg/L [9]. Pengukuran TSS membutuhkan beberapa alat dan bahan antara lain oven, desikator, corong *buchner* atau vakum, penjepit, kertas saring whatman ukuran 0,45 μm , timbangan digital, erlemeyer *buchner*, dan sampel limbah cair krimer. Prosedur analisis TSS dimulai dengan menimbang kertas saring kemudian di oven ± 1 jam dengan suhu 103°C sampai 105°C dan didinginkan pada desikator selama ± 2 jam. Corong *buchner* dibilas dengan akuades dan diletakkan di atas *erlenmeyer buchner*. Setelah itu, kertas saring yang sudah dingin diletakkan di dalam corong *buchner*. *Vacuum holder* dinyalakan dengan menekan tombol ON, sampel harus dihomogenkan dengan akuades sebelum dituang ke dalam corong *buchner*. Setelah sampel disaring, kertas diambil menggunakan penjepit dan dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 103°C sampai 105°C selama ± 1 jam dan didinginkan dalam detektor selama ± 2 jam. Setelah proses pendinginan, kertas saring ditimbang kembali untuk mendapatkan berat residu kertas saring. Setelah berat kertas saring kosong dan berat residu diketahui, berat akhir kertas saring dihitung dengan rumus sebagai berikut [13]:

$$\text{TSS (mg/L)} = \frac{(W_1 - W_0) \times 1000}{V} \quad (1)$$

Dimana:

W_1 = berat kertas saring + residu (mg)

W_0 = berat cawan dan kertas saring kosong (mg)

V = volume sampel (mL)

1000 = konversi ml ke L

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Penentuan dosis optimum pada koagulan

Penelitian ini menggunakan metode pengujian *Flocculant Tester FP4* untuk menemukan dosis optimal dengan variasi penambahan dosis 0,0024 ; 0,0032 ; 0,0040 ; 0,0044 ; dan 0,0052 v/v *flocculant tester FP4* mempunyai tiga tahapan proses, pertama

koagulan ditambahkan dengan pengadukan cepat selama 1 menit pada kecepatan 100 rpm, kedua flokulan ditambahkan dengan kecepatan 20 rpm selama 30 detik untuk membentuk flok, dan ketiga pengendapan dilakukan selama 2,5 menit. Hasil eksperimen ditunjukkan pada Tabel 1. Hasil dosis optimum diperoleh pada variabel dosis koagulan 2 mg/L, karena dari hasil analisis membentuk flok yang bagus [4].

Tabel 1. Data analisis TSS pada penambahan koagulan sampel limbah cair krimer

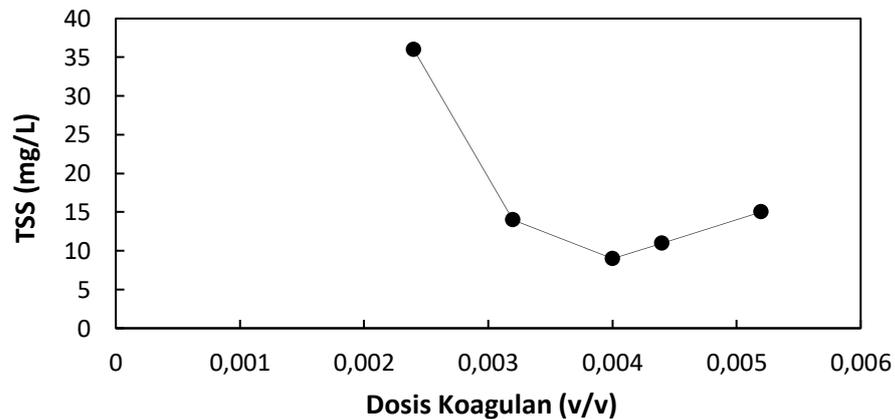
Parameter	Dosis Koagulan (v/v)				
	0,0024	0,0032	0,0040	0,0044	0,0052
pH _{awal}	5,58	5,58	5,58	5,58	5,58
PH ₁	6,77	6,77	6,77	6,77	6,77
pH ₂	6,92	6,73	7,04	7,02	7,02
Netralizer	4	4	4	4	4
Polimer	2	2	2	2	2
TSS _{awal}	698	698	698	698	698
TSS _{akhir}	36	14	9	11	15
<i>Turbidity</i>	11	128	458	221	502
Kec.Pengadukan	100	100	100	100	100
Waktu Pengendapan	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Ketinggian Flok	2	2	2	2	2
Removal Capability	95%	98%	99%	98%	98%

Tabel 1 di atas dapat dilihat bahwa, semua sampel lolos standar baku mutu kadar TSS pada air limbah, seperti yang ditunjukkan dalam hasil tabel diatas. Hal ini sangat penting dalam membantu mencapai efisiensi penyisihan TSS yang optimal dan untuk menjaga kualitas limbah cair industri krimer. Sebelum dan sesudah proses pengolahan pH sampel limbah cair diukur. Oleh karena itu, TSS dapat mengendap bersama dan proses pengendapan terjadi setelah koagulasi. Limbah cair krimer dapat dibuang ke lingkungan berdasarkan persyaratan peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomer 5 Tahun 2014 tentang standar baku mutu nilai TSS air limbah [2]. Hasil pengujian untuk mengukur pengaruh kecepatan pengadukan terhadap kemampuan penyisihan nilai TSS limbah cair krimer. Selain itu, parameter *turbidity* mempunyai nilai melebihi standar yang ditetapkan dalam persyaratan Peraturan Menteri Kesehatan nomor 492/MENKES/PER/1V/2010. Tidak semua parameter dalam penelitian akan dianalisis, pada penelitian ini parameter yang dianalisis adalah pengaruh penambahan koagulan dan pengaruh pengadukan. Parameter yang akan dianalisis antara lain *turbidity*, TSS, dan kecepatan pengadukan [14].

3.2. Pengaruh koagulan terhadap kemampuan penyisihan TSS limbah cair krimer

Koagulan bertugas mengikat partikel kecil dalam air untuk membentuk gumpalan yang lebih besar. Hal ini dapat mempermudah penyaringan dan pengendapan air limbah. Salah satu tujuan dari analisis TSS adalah untuk mengetahui jumlah zat padatan tersuspensi dalam air dengan satuan mg/L [15]. Gambar 1 menunjukkan grafik hubungan penambahan dosis terhadap nilai TSS dengan campuran koagulan yang terdiri dari ACH, PAC, dan *Polydadmec* untuk dapat membantu proses pengolahan limbah cair [16]. Berdasarkan Tabel 1, koagulan memiliki stabilitas yang baik karena memiliki nilai pH 6 sampai 7. Pada

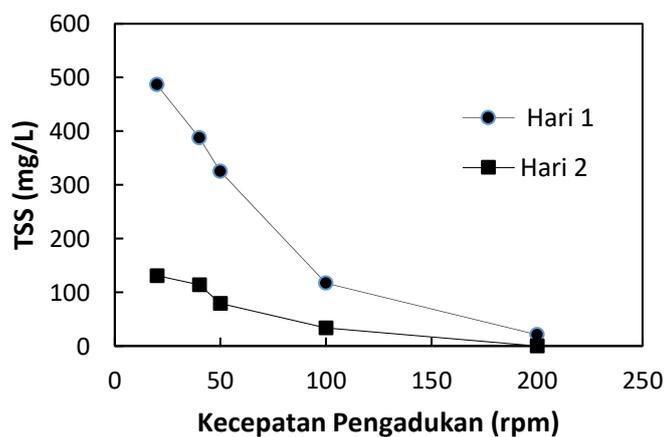
proses ini, koagulan bekerja dengan optimal pada dosis 2 ml dan diperoleh hasil nilai TSS sebesar 9 mg/L. Koagulan memiliki reaksi koagulasi yang cepat, sehingga proses penggumpalan dan pengendapan dapat terjadi dalam waktu yang relatif singkat yaitu sekitar 2,5 menit [17]. Selain itu, mudah didapatkan dan biayanya lebih ekonomis dibandingkan dengan koagulan lainnya dan sangat cocok digunakan dalam proses pengolahan limbah cair PT LNK.



Gambar 1. Hubungan antara dosis koagulan terhadap TSS pada limbah cair krimer

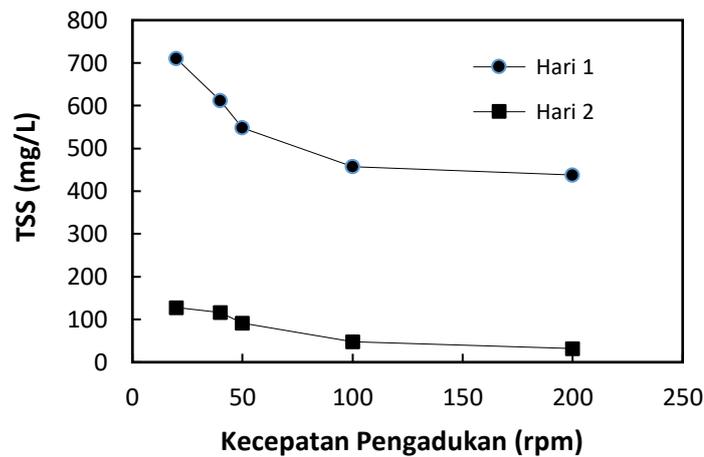
3.3. Pengaruh pengadukan terhadap kemampuan penyisihan TSS limbah cair krimer

Pada penelitian ini dilakukan variasi pada kecepatan pengadukan dengan *Flocculant Tester FP4* pada tiap sampel dengan jenis koagulan yang berbeda-beda. Pengaruh pengadukan pada penyisihan nilai TSS dapat dilihat pada Gambar 2. Pada gambar terlihat konsentrasi ACH setelah proses koagulasi sebesar 21 mg/L. Koagulan ACH dapat membantu menurunkan nilai *Total Suspended Solid (TSS)* pada pH sekitar 6 sampai 7.



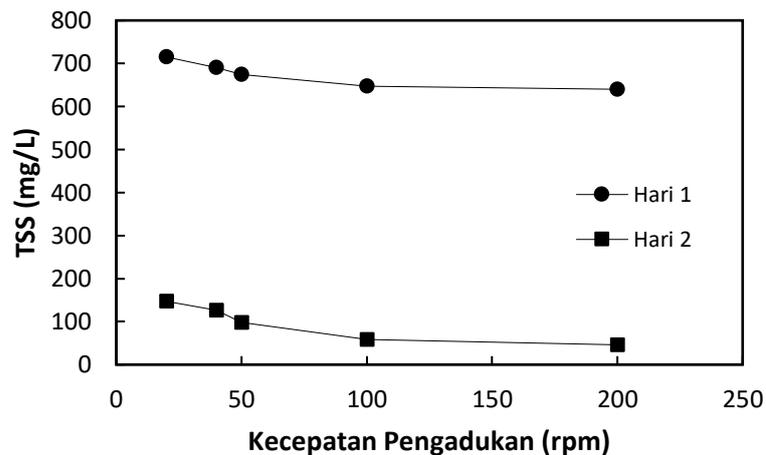
Gambar 2. Hubungan kecepatan pengadukan terhadap TSS pada koagulan ACH

Gambar 2 menunjukkan hubungan kecepatan pengadukan terhadap TSS pada koagulan ACH dengan variasi kecepatan pengadukan antara 200, 100, 50, 40, dan 20 rpm selama 1 menit. Berdasarkan sampel pada hari 1 dan 2, kecepatan pengadukan berpengaruh terhadap nilai TSS karena semakin cepat pengadukan, nilai TSS akhir yang dihasilkan semakin turun [18].



Gambar 3. Hubungan kecepatan pengadukan terhadap TSS pada koagulan PAC

Gambar 3 menunjukkan hubungan kecepatan terhadap TSS pada koagulan PAC dengan variasi kecepatan pengadukan sama dengan koagulan ACH. Berdasarkan hasil pengolahan sampel pada hari 1 dan 2, kecepatan pengadukan pada koagulan PAC terhadap nilai TSS mempengaruhi hasil pembentukan ketinggian flok. Karena semakin cepat pengadukan nilai TSS akhir yang dihasilkan semakin turun.



Gambar 4. Hubungan kecepatan terhadap TSS pada koagulan *Polydadmac*

Gambar 4 menunjukkan hubungan kecepatan terhadap TSS pada koagulan *Polydadmac* sama dengan koagulan ACH dan PAC. Berdasarkan sampel pada hari 1 dan 2, kecepatan pengadukan berpengaruh terhadap nilai TSS karena semakin cepat pengadukan nilai TSS akhir yang dihasilkan semakin turun. Dengan parameter TSS 438 mg/L pada kecepatan 200 rpm. Menurut Standar Baku Mutu Air Limbah yang dikeluarkan Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Mojokerto No. 660/4183.1/2020 pertanggal 8 Oktober 2020 dengan nilai TSS tersebut dapat menurunkan beban pencemaran pada lingkungan sekitar.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil penelitian dan pembahasan data di atas dapat disimpulkan bahwa, penggunaan koagulan ACH menunjukkan hasil penurunan nilai TSS yang paling efektif dan memiliki tingkat stabilitas pH yang baik. Pengaruh koagulan terhadap kemampuan penyisihan nilai TSS dapat

membantu meningkatkan efisiensi pengendapan. Penggunaan koagulan yang efektif dapat mengurangi kebutuhan bahan kimia tambahan selama proses pengolahan air limbah, sehingga mampu mengurangi pencemaran lingkungan dan menjaga kualitas air dengan baik. Pada pengolahan limbah cair industri krimer, kecepatan pengadukan sangat mempengaruhi hasil penyisihan parameter TSS. Sehingga koagulan ACH ini sangat cocok untuk digunakan pada pengolahan limbah cair PT LNK. Dari hasil penelitian ini, kecepatan pengadukan pada proses koagulasi-flokulasi yang paling efektif pada kecepatan 100 rpm selama 1 menit dengan penambahan dosis koagulan yang optimal sebesar 2 mL. Pengadukan yang baik dapat membantu menghomogenkan koagulan secara merata, mempermudah proses pengendapan. Koagulan dapat dihomogenkan secara merata dengan pengadukan yang tepat. Pengadukan yang terlalu cepat dapat menyebabkan flok yang terbentuk pecah sebelum proses pengendapan, sedangkan pengadukan lambat tidak dapat membentuk partikel flok dengan baik. Oleh karena itu, kecepatan pengadukan sangat berpengaruh terhadap pengolahan air limbah untuk mencapai efisiensi yang optimal dalam penyisihan parameter TSS.

Saran untuk penelitian selanjutnya perlu dilakukan pengukuran terhadap waktu yang dibutuhkan untuk pengadukan pada proses koagulasi-flokulasi dengan berbagai jenis koagulan yang digunakan. Waktu pengadukan yang tepat dapat membantu koagulan dan partikel lebih homogen dalam proses pengolahan limbah cair industri krimer.

REFERENSI

- [1] S. F. Ekoputri, A. Rahmatunnissa, F. Nulfaidah, Y. Ratnasari, M. Djaeni, dan D. A. Sari, "Pengolahan Air Limbah dengan Metode Koagulasi Flokulasi pada Industri Kimia," *Jurnal Serambi Engineering*, vol. 9, no. 1, hal. 7781–7787, 2023.
- [2] Menteri Lingkungan Hidup, "KepMen LH nomor 5/2014," Peraturan Menteri Lingkungan Hidup, "Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014, no. 1815, hal. 81, 2014.
- [3] T. A. E. D. Willy dan J. Mukono, "Pengolahan Air Limbah Proses Utama Menggunakan Wastewater Treatment Plant pada PT. Indonesia Power Grati POMU," *Jurnal Media Gizi Kesmas*, vol. 12, no. 1, hal. 66–74, 2023.
- [4] N. I. F. Nisa dan A. Aminudin, "Pengaruh Penambahan Dosis Koagulan Terhadap Parameter Kualitas Air dengan Metode Jartest," *JRST (Jurnal Riset Sains dan Teknologi)*, vol. 3, no. 2, hal. 61-67, 2019.
- [5] E. Susanti dan A. Hartati, "Koagulasi dan Flokulasi Untuk Menurunkan Warna Dengan Koagulan pada Efluen Pengolahan Limbah Pencelupan Benang," *Jurnal Purifikasi*, vol. 4, no. 1, hal. 37–42, 2003.
- [6] S. Angraini, J. A. Pinem, dan E. Saputra, "Pengaruh Kecepatan Pengadukan dan Tekanan Pemompaan pada Kombinasi Proses Koagulasi dan Membran Ultrafiltrasi Dalam Pengolahan Limbah Cair Industri Karet," *JOM FTEKNIK (Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik)*, vol. 3, no. 1, hal. 1–9, 2016.
- [7] D. Teguh, T. E. Agustina, M. H. Ridho, N. Febriyanti, dan D. Ermaya, "The Effectiveness and Cost Optimization of Coagulant Aluminum Chlorohydrate (ACH), Aluminum Sulfate (AS), and Poly Aluminium Chloride (PAC) in Coagulation Process at The PT. Pupuk Sriwijaya (PT. Pusri) Utility Unit Dedi," *Journal of Environmental Management and Sustainability*, vol. 6, no. 1, hal. 189-195, 2022.
- [8] B. O. Anggarani, N. Karnaningroem, dan A. Moesriati "Peningkatan Efektifitas Proses

- Koagulasi-Flokulasi Dengan Menggunakan Aluminium Sulfat dan Polydadmac,” *Jurnal Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya*, vol. 3, no. 2, hal. 28-36, 2018.
- [9] K. Khofifah dan M. Utami, “Analysis of total dissolved solid (TDS) and total suspended solid (TSS) levels in liquid waste from sugar cane industry,” *Indonesian Journal of Chemical Research*, vol. 7, no. 1, hal. 43–49, 2022.
- [10] H. Darmin, dan S. Sugiyanto, “Effect of Aluminium Chlorohidrate (ACH) and Polydadmac Comparison on Coagulation and Flocculation Processes in Cengkareng Drain River,” *Jurnal Water Treatment*, vol. 4, no. 1, hal. 375–383, 2023.
- [11] I. D. A. Sutapa, “Perbandingan Efisiensi Koagulan Poli Aluminium Klorida dan Aluminium Sulfat Dalam Menurunkan Turbiditas Air Gambut dari Kabupaten Katingan Provinsi Kalimantan Tengah,” *Jurnal Riset Geologi Dan Pertambangan*, vol. 24, no. 1, hal. 13–21, 2014.
- [12] A. A. Amri, dan T. Widayanto, “Penurunan Kadar BOD, COD, TSS, dan pH Pada Limbah Cair Tahu Dengan Menggunakan Biofilter,” *Jurnal Inovasi Teknik Kimia*, vol. 8, no.1, hal. 6-10, 2022.
- [13] A. Risaldy dan R. C. Sondakh , “Analisis Tingkat Kekeruhan Total Dissolved Solids (TDS) dan Kandungan Escherichia Coli Pada Air Sumur di Desa Arakan Kecamatan Tatapan,” *KESMAS: Jurnal Kesehatan Masyarakat Universitas Sam Ratulangi*, vol. 10, no. 4, hal. 1–6, 2021.
- [14] M. Hadiwidodo, M. N. Ainurrofiq, P. 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.
- [15] D. Fitria, P. S. Komala, dan D. Vendela, “Pengaruh Waktu Flokulasi pada Proses Koagulasi Flokulasi Dengan Biokoagulan Kelor Untuk Menyisihkan Kadar Besi Air Sumur,” *Jurnal Reka Lingkungan*, vol. 10, no. 2, hal. 165–174, 2020.
- [16] I. A. Omar dan S. Q. Aziz, “Optimization of ACH coagulant, Settling Time And Powdered Activated Carbon As Coagulant Aid With Economic Analysis,” *Global Nest Journal*, vol. 23, no. 3, hal. 340–350, 2021.
- [17] E. U. Lolo, Y. S. Pambudi, R. I. Gunawan, dan W. Widiyanto, “Pengaruh Koagulan PAC dan Tawas Terhadap Surfaktan dan Kecepatan Pengendapan Flok Dalam Proses Koagulasi Flokulasi,” *Jurnal Serambi Engineering*, vol. 5, no. 4, hal. 1295–1305, 2020.