

PENGARUH RASIO PENAMBAHAN KOAGULAN PAC PADA PENGOLAHAN LIMBAH CAIR PUSAT PERBELANJAAN SECARA KOAGULASI-FLOKULASI

Puteri Sevira Sari dan Khalimatus Sa'diyah

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

puterisevira@gmail.com ; [khalimatus.s@polinema.ac.id]

ABSTRAK

Pusat perbelanjaan menghasilkan limbah domestik cair yang berasal dari *foodcourt*, tenan makanan di beberapa lantai, bioskop, dan toilet. Salah satu IPAL pada pusat perbelanjaan di Kota Malang mengolah limbah cair secara fisik melalui *grease trap*, kimia melalui koagulasi-flokulasi, dan biologi melalui aerobik. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis pengaruh rasio koagulan PAC 1000 ppm terhadap parameter pH, TDS, TSS, kekeruhan, COD, BOD, dan minyak/lemak pada pengolahan limbah cair pusat perbelanjaan secara koagulasi-flokulasi. Penelitian ini menggunakan koagulan PAC 1000 ppm. Metode koagulasi-flokulasi dilakukan pada skala laboratorium menggunakan *jar test* dengan variabel rasio penambahan koagulan PAC sebesar 0,5%; 1%; 2%; dan 4%. Pada koagulasi-flokulasi dilakukan pengadukan cepat 100 rpm selama 1 menit dan pengadukan lambat 30 rpm selama 20 menit. Setelah itu proses sedimentasi hasil koagulasi-flokulasi selama 30 menit. Pada hasil penelitian ini parameter pH, TDS, kekeruhan, TSS, COD, BOD dan minyak/lemak masih belum memenuhi baku mutu, hanya pada rasio 4% pada parameter minyak/lemak yang sudah memenuhi baku mutu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa koagulan PAC 1000 ppm dengan rasio 0,5% dapat menurunkan nilai pH sebesar 2,11%. Pada rasio 2% dapat menurunkan COD dan BOD berturut-turut yaitu 50% dan 56,82%. Pada rasio 4% dapat menurunkan TDS sebesar 9,14%, pada kekeruhan sebesar 83,78%, pada TSS sebesar 17,57%, dan pada minyak/lemak sebesar 92,16%.

Kata kunci: koagulasi-flokulasi, limbah domestik, PAC, pusat perbelanjaan

ABSTRACT

Shopping centers produce liquid domestic waste originating from food courts, food tenants on several floors, cinemas, and toilets. One of the WWTPs at a shopping center in Malang City treats liquid waste physically through grease trap, chemically through coagulation-flocculation, and biologically through aerobics. The purpose of this study was to analyze the effect of the coagulant ratio of 1000 ppm PAC on parameters of pH, TDS, TSS, turbidity, COD, BOD, and oil/fat in shopping center wastewater treatment by coagulation-flocculation. This research using 1000 ppm PAC coagulant. The coagulation-flocculation method was carried out on a laboratory scale using a jar test with a variable ratio of PAC coagulant addition of 0.5%, 1%, 2%, and 4%. In coagulation-flocculation, fast stirring was carried out at 100 rpm for 1 minute and slow stirring at 30 rpm for 20 minutes. After that, the sedimentation process of coagulation-flocculation continues for 30 minutes. In the results of this study, the parameters pH, TDS, turbidity, TSS, COD, BOD, and oil/fat still did not meet the quality standards, only at a ratio of 4% in the oil/fat parameters, which met the quality standards. The results showed that 1000 ppm of PAC coagulant with a ratio of 0.5% could reduce the pH value by 2.11%. A ratio of 2% can reduce COD and BOD, respectively, by 50% and 56.82%. At a ratio of 4%, it can reduce TDS by 9.14%, turbidity by 83.78%, TSS by 17.57%, and oil/fat by 92.16%.

Keywords: coagulation-flocculation, domestic waste, PAC, shopping center

1. PENDAHULUAN

Salah satu pusat perbelanjaan di Kota Malang menghasilkan limbah domestik dari sisa *foodcourt*, bioskop, dan toilet. Limbah domestik dapat mencemari lingkungan apabila tidak dilakukan pengolahan terlebih dahulu. Limbah yang masuk ke perairan diperkirakan sekitar 85% dan berakibat pada proses purifikasi alami tidak berjalan dengan seimbang [1]. Dampak pencemaran di air sungai perlu upaya minimalisasi limbah baik dari aspek kebijakan pemerintah maupun dari aspek ilmu pengetahuan dan teknologi untuk mendapatkan pengolahan limbah yang efektif dan efisien [2].

Pada IPAL di salah satu pusat perbelanjaan di Kota Malang dilakukan pengolahan limbah *grey water* secara *underground*. Pengolahan diawali dengan *grease trap* untuk memisahkan lapisan minyak yang berada di permukaan atas air limbah. Kemudian dilanjutkan dengan proses koagulasi-flokulasi menggunakan koagulan tawas. Namun pada bak koagulasi-flokulasi tidak menggunakan pengaduk, sehingga larutan tawas dan air limbah dibiarkan tercampur dengan sendirinya. Setelah koagulasi-flokulasi dilanjutkan dengan pengolahan biologi aerobik. Pada pengolahan biologi aerobik ini menggunakan media yaitu sarang tawon dan pengolahan ini ditambahkan EM4 untuk menghilangkan bau dan menurunkan kadar COD dan BOD. Pada penelitian ini akan melakukan pengolahan pada tahap koagulasi-flokulasi seperti pada tahap kedua IPAL pusat perbelanjaan. Pada koagulasi-flokulasi penelitian ini menggunakan koagulan PAC, koagulan ini berbeda dengan yang digunakan oleh IPAL pusat perbelanjaan. Koagulan PAC digunakan sebagai salah satu alternatif koagulan dengan harapan menghasilkan pengolahan yang lebih maksimal daripada koagulan tawas.

Tabel 1. Hasil uji awal karakteristik *influent* dan *effluent* IPAL pusat perbelanjaan

No	Parameter	Baku Mutu	<i>Influent</i>	<i>Effluent</i>
1	pH	7-9	4,99	6,18
2	TDS (ppm)	2000	528	464
3	Kekeruhan (NTU)	-	492,17	93,94
4	TSS (mg/L)	30	797	521,67
5	COD (mg/L)	100	15379,2	10680
6	BOD (mg/L)	30	336,49	283,05
7	Minyak/lemak (mg/L)	5	136,4	79,2

Hasil uji awal karakteristik *influent* dan *effluent* diperoleh seperti pada Tabel 1. Hasil uji awal karakteristik *influent* air limbah pada parameter pH, TSS, COD, BOD, dan minyak/lemak masih jauh di atas baku mutu. Pada parameter TSS, COD, BOD, dan minyak/lemak *effluent* air limbah juga masih belum memenuhi baku mutu, hanya pada parameter pH dan TDS saja yang sudah memenuhi baku mutu. Berdasarkan hasil uji tersebut perlu dilakukan pengolahan limbah agar saat dibuang tidak mencemari sungai.

Beberapa metode digunakan dalam pengolahan limbah domestik untuk menurunkan parameter pencemar salah satunya metode koagulasi-flokulasi. Koagulasi-flokulasi adalah metode pengolahan yang terdapat penambahan bahan kimia berupa koagulan dengan pengadukan cepat untuk mendistabilisasi koloid dan solid tersuspensi yang halus serta massa inti kemudian membentuk flok. Koagulasi-flokulasi termasuk metode yang sederhana dan mudah dilakukan. Koagulasi-flokulasi menjadi salah satu metode pengolahan limbah

untuk menghilangkan senyawa organik/anorganik yang tersuspensi di dalam larutan yang tidak dapat disisihkan dengan proses fisik konvensional [3]. Metode koagulasi-flokulasi dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu jenis koagulan, dosis koagulan, pH, dan kecepatan pengadukan [4]. Koagulan diperlukan untuk membantu proses pengendapan partikel dengan cara membentuk partikel-partikel besar. Salah satu jenis koagulan yang dapat digunakan adalah *Poly Aluminium Chloride* (PAC). Koagulan PAC memiliki daya koagulasi yang kuat dan pengoperasi dalam prosesnya mudah. PAC dapat bekerja di rentang pH yang luas dan lebih cepat membentuk flok daripada koagulan lain [5].

Penelitian yang dilakukan oleh Radityaningrum dan Caroline (2017) dalam pengolahan limbah batik menggunakan koagulan PAC mampu menurunkan kadar COD dari 352,3 mg/L menjadi 10 mg/L, terjadi penurunan pada BOD yang mulanya 211,4 mg/L menjadi 59 mg/L, dan penurunan TSS dari 1200 mg/L menjadi 100 mg/L [6]. Pada penelitian yang dilakukan Yustinawati, dkk (2014) dalam pengolahan limbah lumpur pemboran sumur minyak mengatakan bahwa PAC mampu menurunkan nilai minyak/lemak sebesar 73%-75% [7].

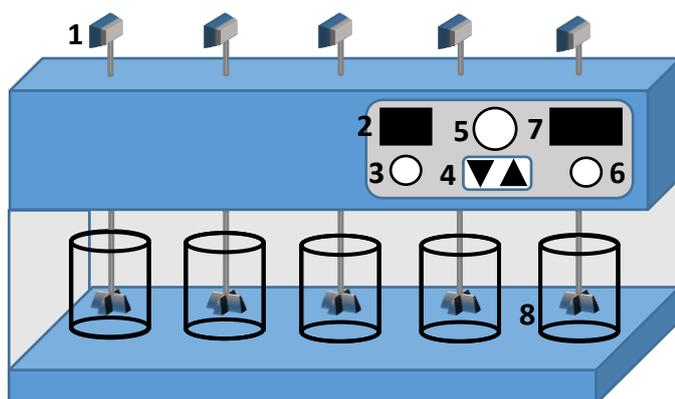
Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka dilakukan penelitian mengenai pengolahan limbah cair salah satu pusat perbelanjaan di Kota Malang menggunakan metode koagulasi-flokulasi menggunakan koagulan PAC untuk menganalisis pengaruh penambahan rasio koagulan PAC terhadap parameter pH, TDS, TSS, kekeruhan, COD, BOD, dan minyak/lemak limbah cair pusat perbelanjaan. Pada penelitian ini digunakan koagulan PAC dengan konsentrasi 1000 ppm. Penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan rasio koagulan PAC yang sesuai dan efektif dalam menurunkan bahan pencemar dalam air limbah.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Limbah cair domestik salah satu pusat perbelanjaan di Kota Malang pada IPALnya dilakukan koagulasi-flokulasi menggunakan koagulan tawas yang relatif murah dan mudah didapat. Namun penggunaan tawas yang berlebih akan menyebabkan kekeruhan pada air dan mengubah pH air menjadi sangat asam. Pada penelitian ini limbah cair domestik dilakukan pengolahan dengan metode koagulasi-flokulasi menggunakan koagulan *Poly Aluminium Chloride* (PAC). Koagulan PAC memiliki daya koagulasi yang kuat dan memiliki koefisien yang tinggi sehingga dapat memperkecil flok dalam air meskipun dalam dosis yang berlebih [8]. Penelitian ini dilaksanakan secara eksperimen untuk mengetahui pengaruh rasio PAC yang tepat untuk limbah cair domestik pusat perbelanjaan. Pengolahan limbah ini menggunakan alat *jar test* dan analisis yang dilakukan yaitu pada sampel limbah cair sebelum dan sesudah melalui proses pengolahan.

2.1. Koagulasi-Flokulasi

Beaker glass berjumlah 4 buah diisi dengan sampel *influent* limbah cair masing-masing sebanyak 800 mL. Larutan PAC 1000 ppm ditambahkan pada masing-masing *beaker glass* dengan rasio volume sebesar 0,5%; 1%; 2%; dan 4%. *Beaker glass*s diletakkan pada *jar test* kemudian dilakukan pengadukan cepat dengan kecepatan sebesar 100 rpm selama 1 menit dan pengadukan lambat dengan kecepatan 30 rpm selama 20 menit. Hasil pengadukan dibiarkan selama 30 menit untuk mengendapkan flok-flok yang terbentuk.



Keterangan:

1. Batang pengaduk
2. Indikator pengaturan waktu
3. Tombol pengatur waktu
4. Tombol pengatur skala
5. Tombol *start/stop*
6. Tombol pengatur kecepatan
7. Indikator kecepatan
8. *Beaker glass*

Gambar 1. Alat *jar test* untuk koagulasi-flokulasi

2.2. Analisis

Analisis dilakukan pada sampel *influent* dan *effluent* hasil proses koagulasi-flokulasi. Analisis yang dilakukan berupa pH, TDS, TSS, kekeruhan, COD, BOD, dan minyak/lemak.

a. Analisis pH

Analisis pH dilakukan untuk mengetahui nilai pH pada *influent* dan *effluent* hasil koagulasi-flokulasi. Analisis pH menggunakan pH-meter [9].

b. Analisis TDS

Analisis TDS dilakukan untuk mengetahui jumlah padatan terlarut di dalam sampel *influent* dan *effluent* hasil koagulasi-flokulasi. Analisis TDS menggunakan TDS-meter [9].

c. Analisis TSS

Analisis TSS dilakukan untuk mengetahui jumlah padatan tersuspensi di dalam sampel *influent* dan *effluent* hasil koagulasi-flokulasi. Analisis TSS dilakukan dengan metode gravimetri [10]. Sampel sebanyak 30 mL disaring menggunakan *vacuum filter*. Nilai TSS dapat dihitung dengan persamaan (1) [10].

$$\text{TSS (mg/L)} = \frac{(\text{berat kertas saring+residu} - \text{berat kertas saring kosong}) \times 1000}{\text{volume sampel}} \quad (1)$$

d. Analisis kekeruhan

Analisis kekeruhan dilakukan untuk mengetahui nilai kekeruhan *influent* dan *effluent* hasil koagulasi-flokulasi. Analisis kekeruhan dilakukan menggunakan alat turbidimeter [10]. Kuvet turbidimeter diisi dengan sampel dan dimasukkan ke dalam turbidimeter kemudian menekan tombol *read* untuk membaca nilai kekeruhan. Pada penelitian ini menggunakan turbidimeter merk HACH 2100Q *Portable Turbidimeter*.

e. Analisis COD

Analisis COD dilakukan untuk mengetahui jumlah kebutuhan oksigen untuk menguraikan zat organik. Sampel diencerkan sebanyak 100 kali. Pada erlenmeyer dimasukkan 0,4 g HgSO₄ kemudian ditambahkan sampel sebanyak 20 mL dan ditambahkan larutan standar kalium dikromat sebanyak 10 mL. Kemudian ditambahkan larutan H₂SO₄ pekat yang mengandung Ag₂SO₄ sebanyak 30 mL. Campuran direfluks 2 jam dan setelah refluks selesai kondensator dibilas dengan

aquades 25-50 mL. Sampel dititrasi dengan larutan standar *ferramonium sulfat* (FAS). Sampel ditambahkan indikator ferroin sebanyak 2-3 tetes. Sampel dititrasi hingga menjadi warna merah coklat. Penentuan nilai COD dihitung dengan persamaan (2) [10].

$$\text{COD (mg/L)} = \frac{(\text{mL FAS blanko} - \text{mL FAS sampel}) \times N \text{ FAS} \times 8000}{\text{volume sampel}} \times \text{pengenceran} \quad (2)$$

f. Analisis BOD

Analisis BOD dilakukan untuk mengetahui jumlah oksigen yang dibutuhkan mikroorganisme. Nilai BOD diketahui dengan melakukan titrasi sampel pada hari ke-0 dan ke-5 [10]. Sampel diencerkan 100 kali kemudian dimasukkan ke botol winkler hingga meluber dan ditambahkan mangan (II) sulfat 2 mL. Selanjutnya ditambahkan larutan alkali-iodida sebanyak 2 mL. Botol winkler harus dipastikan tidak ada gelembung udara kemudian dikocok hingga campuran homogen dan didiamkan selama 10 menit hingga terbentuk endapan. Bagian yang jernih dipindahkan ke erlenmeyer. Endapan yang terbentuk diberi H₂SO₄ sebanyak 2 mL dan dicampur dengan cairan yang jernih. Campuran dititrasi dengan larutan tiosulfat 0,025 N dan ditambahkan indikator amilum 1-2 mL. Campuran dititrasi dari warna biru kehitaman hingga bening. Penentuan nilai BOD dihitung persamaan (3) dan (4) [11].

$$\text{OT (X)} = \frac{a \times N \times 8000}{V} \quad (3)$$

$$\text{BOD}_5 \text{ (mg/L)} = \frac{(X_0 - X_5) - (B_0 - B_5)(1 - P)}{P} \quad (4)$$

g. Analisis minyak/lemak

Analisis minyak/lemak dilakukan untuk mengetahui nilai minyak/lemak dalam sampel. Analisis minyak/lemak dilakukan dengan metode gravimetri [12]. Sampel sebanyak 250 mL diekstraksi secara cair-cair dengan pelarut etanol. Jika hasil ekstraksi menghasilkan emulsi maka dilakukan sentrifugasi selama 30 menit dengan kecepatan 2400 rpm. Hasil sentrifugasi ini dioven dan ditimbang hingga konstan. Nilai minyak/lemak dapat dihitung dengan persamaan (5) [12].

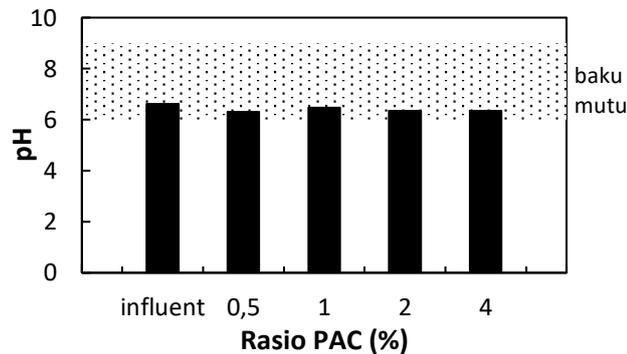
$$\text{Minyak/lemak (mg/L)} = \frac{(\text{berat beaker isi} - \text{berat beaker kosong}) \times 1000}{\text{volume sampel}} \quad (5)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pengaruh Rasio Penambahan PAC terhadap Nilai pH

pH adalah derajat keasaman untuk menyatakan tingkat keasaman atau basa suatu zat, larutan, ataupun benda. Nilai pH penting diukur untuk mengetahui kualitas air limbah dan mengetahui seberapa parah pencemaran terjadi. pH normal memiliki nilai 7 sementara bila nilai pH > 7 menunjukkan zat tersebut memiliki sifat basa sedangkan nilai pH < 7 menunjukkan keasaman. Nilai pH memiliki nilai ambang batas yang dapat ditoleransi oleh lingkungan agar tidak membahayakan lingkungan saat dibuang. Baku

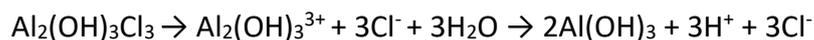
mutu untuk parameter pH pada limbah domestik yaitu 6-9. Nilai pH pada limbah di salah satu pusat perbeanjaan sebelum dilakukan pengolahan adalah 6,62.



Gambar 2. Pengaruh rasio koagulan PAC terhadap nilai pH

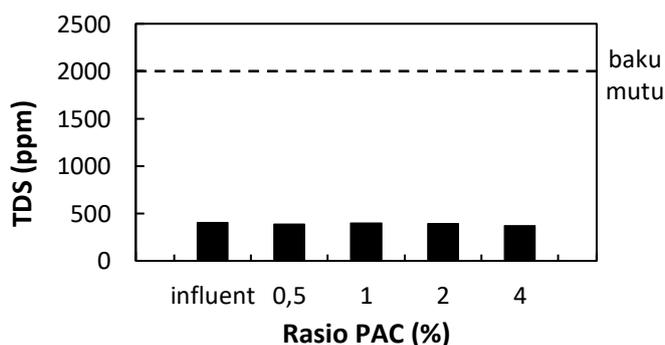
Gambar 2 adalah grafik pengaruh rasio koagulan PAC terhadap nilai pH. Berdasarkan pada grafik pada Gambar 2, nilai pH baik sebelum dan sesudah pengolahan sudah memenuhi baku mutu. Nilai pH tertinggi pada hasil pengolahan terdapat pada rasio 1% yaitu sebesar 6,48 sedangkan nilai pH terkecil pada hasil pengolahan terdapat pada rasio 0,5% yaitu sebesar 6,31. Nilai pH hasil pengolahan dengan rasio penambahan 2% dan 4% yaitu 6,35.

Penambahan PAC sebagai koagulan akan menyebabkan pH limbah cair mengalami penurunan dari nilai sebelumnya [13]. Nilai pH hasil pengolahan menggunakan koagulan PAC mengalami penurunan nilai sehingga pH menjadi lebih asam dari nilai *influent* karena melepaskan ion H^+ sebanyak 3 ion. Reaksi hidrolisis yang terjadi saat penambahan PAC adalah sebagai berikut :



3.2. Pengaruh Rasio Penambahan PAC terhadap Nilai TDS

TDS atau *total dissolved solid* adalah jumlah zat padat terlarut dalam air. Zat padat ini ukurannya lebih kecil dari padatan tersuspensi. Zat padat terlarut yang berlebihan dapat meningkatkan nilai kekeruhan sehingga dapat menghambat penetrasi cahaya matahari ke dalam air dan berpengaruh terhadap proses fotosintesis di perairan [14]. Nilai TDS pada limbah di salah satu pusat perbelanjaan di Kota Malang sebelum dilakukan pengolahan adalah 405 ppm.



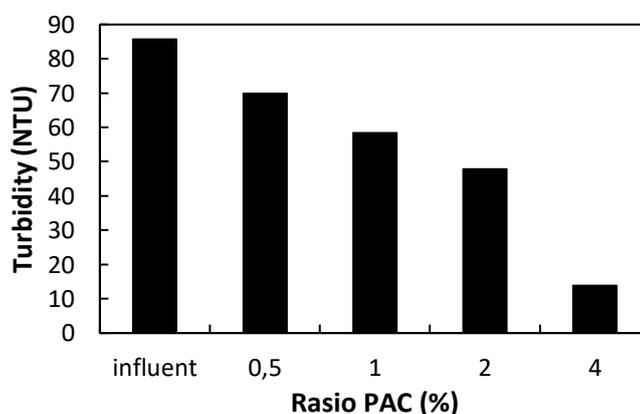
Gambar 3. Pengaruh rasio koagulan PAC terhadap nilai TDS

Gambar 3 adalah grafik pengaruh rasio koagulan PAC terhadap nilai TDS. Pada Gambar 3 tersebut terlihat bahwa nilai TDS hasil pengolahan dengan penambahan koagulan PAC sudah memenuhi baku mutu Pergub Jatim no 72 Tahun 2013 yaitu kadar maksimal 2000 ppm. Nilai TDS hasil pengolahan menggunakan koagulan PAC dengan rasio penambahan 0,5%; 1%; 2%, dan 4% berturut-turut yaitu 384 ppm, 399 ppm, 390 ppm, dan 368 ppm. Penurunan nilai TDS hasil pengolahan terbesar terdapat pada rasio 4% dengan penurunan sebesar 9,14%. Sedangkan penurunan nilai TDS pada rasio penambahan 0,5%; 1%; dan 2% berturut-turut yaitu sebesar 5,19%; 1,48%; dan 3,7%.

Hasil penelitian ini sejalan dengan yang telah dilakukan oleh Nisa dan Aminudin (2019). Penelitian Nisa dan Aminudin (2019) melakukan uji pengaruh penambahan dosis koagulan terhadap parameter kualitas air dengan metode *jar test* menunjukkan bahwa semakin banyak dosis koagulan PAC yang ditambahkan pada air sampel menyebabkan nilai TDS semakin menurun [15]. Dengan dosis optimum terjadi pada saat konsentrasi koagulan PAC 43 mg/L dengan nilai TDS paling kecil yaitu sebesar 7,02 mg/L.

3.3. Pengaruh Rasio Penambahan PAC terhadap Nilai Kekeruhan

Nilai kekeruhan di dalam air perlu dilakukan pengecekan untuk mengetahui kualitas air. Kualitas air yang keruh menandakan bahwa air tidak bersih dan tidak sehat. Kekeruhan air dapat dicek menggunakan alat turbidimeter. Turbidimeter adalah alat untuk mengukur kekeruhan air dengan memanfaatkan efek cahaya sebagai dasar untuk mengukur keadaan air baku dengan satuan NTU (*Nephelometrix Turbidity Unit*) atau FTU (*Formazin Turbidity Unit*) [16]. Nilai kekeruhan pada limbah di salah satu pusat perbelanjaan di Kota Malang sebelum dilakukan pengolahan adalah 85,7 NTU.



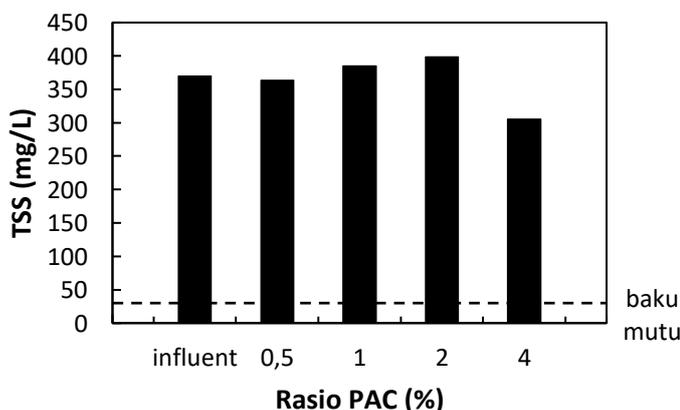
Gambar 4. Pengaruh rasio koagulan PAC terhadap nilai kekeruhan

Gambar 4 adalah grafik pengaruh rasio koagulan PAC terhadap nilai kekeruhan air limbah. Pada Gambar 4 terlihat bahwa nilai kekeruhan semakin rendah dengan seiring bertambahnya rasio penambahan koagulan PAC. Hasil pengolahan dengan rasio penambahan 0,5%; 1%; 2%, dan 4% berturut-turut yaitu 70 NTU; 58,5 NTU; 47,9 NTU; dan 13,9 NTU. Penurunan nilai kekeruhan hasil pengolahan dengan koagulan PAC terbesar terdapat pada rasio 4% dengan penurunan sebesar 83,78%. Penurunan nilai kekeruhan hasil pengolahan dengan koagulan PAC terendah terdapat pada rasio 0,5% dengan penurunan sebesar 18,32%. Sedangkan penurunan nilai kekeruhan pada rasio penambahan 1% dan 2% yaitu sebesar 31,74% dan 44,11%

Partikel koloid yang ada di air limbah membuat air menjadi keruh. Menurut Permatasari, dkk (2016) menyebutkan bahwa air limbah mengandung zat organik yang memiliki partikel koloid bermuatan negatif [17]. Pengolahan dengan penambahan koagulan PAC dapat menurunkan nilai kekeruhan karena partikel koloid yang ada di dalam limbah dinetralkan dengan muatan positif yang ada di dalam PAC. Koagulan mengandung kation yang digunakan untuk menetralisasi muatan negatif partikel koloid sehingga terjadi gaya *Van der Waals* dan menyebabkan partikel koloid terflokulasi [18]. Flok yang terbentuk akan dipisahkan dengan cara sedimentasi. Nilai kekeruhan yang semakin turun ini dapat terlihat pada air yang dihasilkan terlihat lebih jernih. PAC memiliki waktu yang lebih cepat dibandingkan dengan koagulan lainnya. Menurut Prianti, dkk (2022) disebutkan bahwa gumpalan flok yang terbentuk lebih padat karena partikel koloid pada air limbah diikat oleh gugus aktif aluminat yang bekerja dengan efektif dan rantai polimer dari gugus polielektrolite memperkuat ikatan tersebut [19]. Penambahan PAC juga perlu diperhatikan agar tidak berlebihan dan terjadi deflokulasi flok. Deflokulasi flok dapat menyebabkan nilai kekeruhan menjadi lebih tinggi dari nilai semula.

3.4. Pengaruh Rasio Penambahan PAC terhadap Nilai TSS

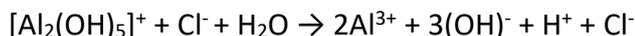
TSS (*Total Suspended Solid*) adalah jumlah padatan tersuspensi yang terkandung dalam air limbah dan TSS digunakan sebagai parameter untuk mengukur kualitas air [20]. Padatan tersuspensi mempengaruhi kualitas badan air karena dapat menyebabkan menurunkan kejernihan air dan menghalangi sinar matahari masuk ke dalam air [21]. Kadar TSS dalam air limbah haruslah sesuai baku mutu sebelum dibuang ke dalam lingkungan agar tidak mengganggu kehidupan air. Nilai TSS pada limbah di salah satu pusat perbelanjaan di Kota Malang sebelum dilakukan pengolahan adalah 370 mg/L.



Gambar 5. Pengaruh rasio koagulan PAC terhadap nilai TSS

Gambar 5 adalah grafik pengaruh rasio koagulan PAC terhadap nilai TSS air limbah. Pada Gambar 5 terlihat bahwa nilai TSS setelah pengolahan dengan penambahan koagulan PAC masih belum memenuhi baku mutu yaitu masih di atas 30 mg/L. Hasil pengolahan dengan penurunan terbesar yaitu pada rasio 4% dengan penurunan sebesar 17,57% dan nilai TSS sebesar 305 mg/L. Sedangkan hasil pengolahan dengan rasio penambahan 0,5%; 1%; dan 2%, berturut-turut yaitu 363,33 mg/L; 385 mg/L; dan 398,33 mg/L.

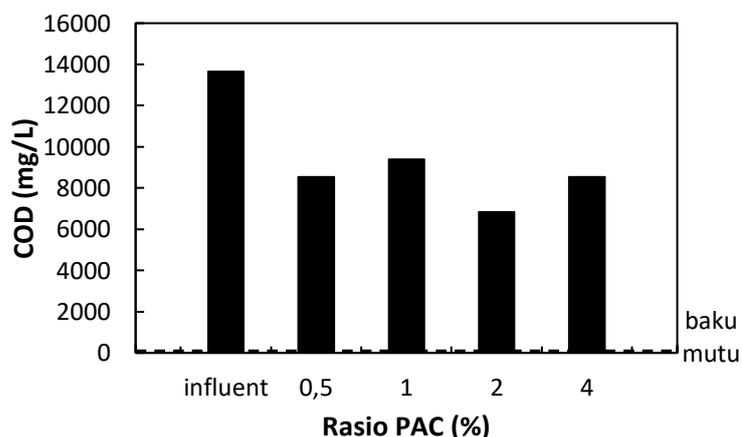
Kadar TSS dalam limbah dapat mengalami penurunan dengan pengolahan koagulasi menggunakan koagulan PAC. Zat pencemar dalam air limbah diikat dengan koagulan sehingga partikel yang awalnya stabil menjadi tidak stabil sehingga timbul gaya tarik-menarik yang menyebabkan terbentuknya flok lalu terendapkan. Flok-flok inilah yang akan mengurangi TSS dalam air limbah. Berikut reaksi koagulasi-flokulasi dalam pembentukan flok dengan koagulan PAC:



Kation Al^{3+} berperan dalam koagulasi-flokulasi. Ion positif Al^{3+} mengikat ion organik yang bermuatan negatif pada air limbah dan membentuk flok. Pada Gambar 5 terdapat nilai TSS dengan rasio PAC 1% dan 2% yaitu 385 mg/L dan 398,33 mg/L yang semakin tinggi dari nilai *influent*. Menurut Zakaria, dkk. (2021) masih adanya padatan tersuspensi yang ikut terukur saat pengujian karena kurang lamanya waktu pengendapan sehingga TSS hanya mengalami penurunan [22].

3.5. Pengaruh Rasio Penambahan PAC terhadap Nilai COD

COD (*Chemical Oxygen Demand*) adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik. Nilai COD digunakan untuk mengukur banyaknya oksigen dengan bahan organik yang terkandung dalam sampel air yang diuji [23]. Nilai COD dapat diuji dengan menggunakan pengoksidasi $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ sebagai sumber oksigen. Nilai COD memiliki nilai ambang batas yang dapat ditoleransi oleh lingkungan agar tidak membahayakan lingkungan saat dibuang. Baku mutu untuk parameter COD pada limbah domestik yaitu 100 mg/L. Nilai COD pada limbah di salah satu pusat perbelanjaan di Kota Malang sebelum dilakukan pengolahan adalah 13.670,4 mg/L.



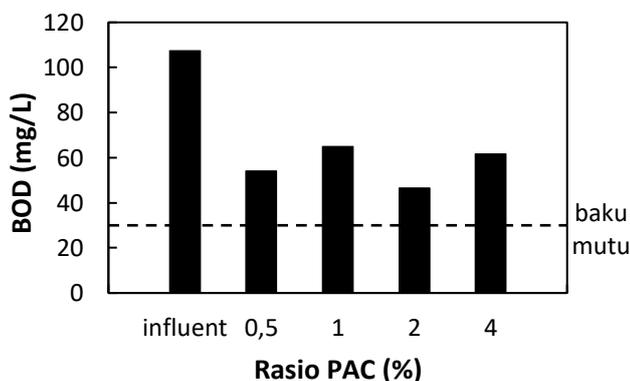
Gambar 6. Pengaruh rasio koagulan PAC terhadap nilai COD

Pada Gambar 6 adalah grafik pengaruh rasio koagulan PAC terhadap nilai COD. Pada Gambar 6 tersebut terlihat bahwa nilai COD setelah pengolahan dengan penambahan koagulan PAC masih belum memenuhi baku mutu. Hasil Gambar 6 menunjukkan bahwa penurunan nilai COD tertinggi terdapat pada rasio 2% dengan penurunan sebesar 50% dan nilai COD sebesar 6835,2 mg/L. Sedangkan nilai COD pada rasio 0,5%; 1%; dan 4% berturut-turut adalah 8544 mg/L; 9398,4 mg/L; dan 8544 mg/L.

Pada pengolahan menggunakan koagulan PAC dapat menurunkan kadar COD pada air limbah. Koagulan PAC memiliki keunggulan menjadi koagulan yang stabil dan pada saat pembentukan flok lebih cepat menjadi gumpalan padat. Gumpalan ini akan mengendap dengan cepat dan stabil juga sehingga kandungan zat tersuspensi juga dapat menurun. Nilai COD yang ada dalam limbah juga akan turun jika nilai zat tersuspensinya turun. Ion positif pada koagulan akan tertarik mengelilingi partikel koloid yang bermuatan negatif membentuk lapisan awan ionic sehingga timbul gaya potensial elektrostatik yang menyebabkan partikel koloid saling tolak menolak. Lapisan ionic akan dikompres oleh ion positif koagulan sehingga terjadi destabilisasi, awan ionic menghilang, dan partikel-partikel koloid akan terikat membentuk flok sehingga kadar COD dapat menurun [24]. Bahan organik yang ada di dalam sampel hanya sebagian saja yang mampu digumpalkan untuk membentuk flok karena padatan terlarut yang mengandung zat organik susah untuk digumpulkan menjadi flok sehingga COD masih belum memenuhi baku mutu.

3.6. Pengaruh Rasio Penambahan PAC terhadap Nilai BOD

BOD (*Biological Oxygen Demand*) adalah jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk mengurai bahan organik dalam kondisi aerob [25]. Pengukuran BOD menggunakan mikroorganisme sebagai pengurai bahan organik sehingga pengukuran BOD memerlukan waktu lebih lama jika dibandingkan dengan pengukuran COD. BOD termasuk parameter penting dalam menentukan kualitas air limbah karena sebagai penduga pencemaran bahan organik dan berkaitan dengan penurunan oksigen terlarut. Baku mutu untuk parameter BOD pada limbah domestik yaitu 30 mg/L. Nilai BOD pada limbah di salah satu pusat perbelanjaan di Kota Malang sebelum dilakukan pengolahan adalah 107,4809 mg/L.



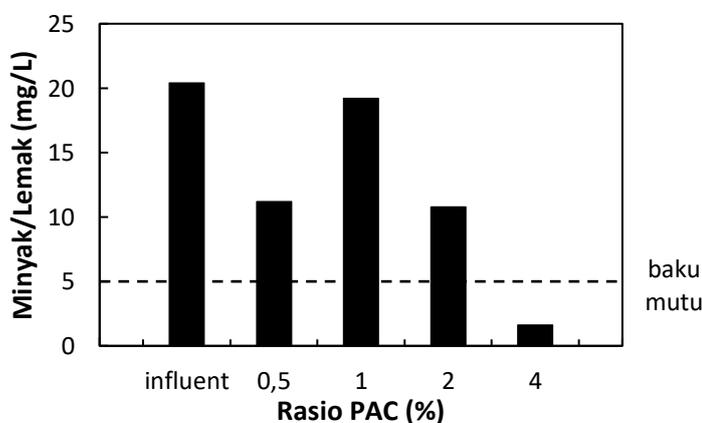
Gambar 7. Pengaruh rasio koagulan PAC terhadap nilai BOD

Gambar 7 adalah grafik pengaruh rasio koagulan PAC terhadap nilai BOD air limbah. Pada Gambar 7 nilai BOD setelah penambahan koagulan PAC masih belum memenuhi baku mutu. Nilai BOD hasil pengolahan ini selaras dengan nilai COD yang juga belum memenuhi baku mutu. Penurunan nilai BOD terbesar terdapat pada rasio 2% yaitu sebesar 56,82% dengan nilai BOD sebesar 46,4122 mg/L. Sedangkan nilai BOD dengan rasio penambahan 0,5%; 1%; dan 4% berturut-turut yaitu 54,0458 mg/L; 65,0322 mg/L; dan 61,6794 mg/L. Penurunan nilai BOD yang terjadi dengan rasio penambahan 0,5%; 1%; dan 4% berturut-turut yaitu sebesar 49,72%; 39,49%; dan 42,61%.

Nilai BOD setelah dilakukan pengolahan koagulasi-flokulasi menggunakan koagulan PAC mengalami penurunan. Koagulan dapat menyerap partikel zat organik tersuspensi sehingga dapat diendapkan dan nilai BOD dapat mengalami penurunan [26]. Adanya flok-flok yang mengikat partikel dalam limbah inilah yang menyebabkan nilai BOD dalam air limbah mengalami penurunan. Hasil penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Riskawanti dkk (2016). Riskawanti dkk telah melakukan penelitian pengolahan limbah perendaman karet rakyat menggunakan koagulan aluminium sulfat, ferro klorida dan PAC. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan adanya penambahan PAC dapat menurunkan kadar BOD air limbah. Konsentrasi BOD awal sebesar 720 mg/L turun menjadi 14,29 mg/L menggunakan PAC 8 g/L [27]. Partikel organik pada limbah berkurang karena berikatan dengan partikel koagulan membentuk flok-flok menjadi endapan dan ini penyebab konsentrasi BOD menurun.

3.7. Pengaruh Rasio Penambahan PAC terhadap Nilai Minyak/lemak

Minyak lemak adalah pencemar organik *non biodegradable* yang mana sifatnya sukar diuraikan mikroorganisme [28]. Minyak membentuk lapisan tipis pada bagian atas air limbah karena berat jenisnya yang lebih kecil dari air. Minyak yang berada pada bagian atas permukaan air dapat mengganggu penetrasi sinar matahari dan masuknya oksigen dari udara ke air sehingga mengganggu aktivitas air. Baku mutu minyak lemak dalam limbah domestik yaitu 5 mg/L. Nilai minyak/lemak pada limbah di salah satu pusat perbelanjaan di Kota Malang sebelum dilakukan pengolahan adalah 20,4 mg/L.



Gambar 8. Pengaruh rasio koagulan PAC terhadap nilai minyak/lemak

Gambar 8 adalah grafik pengaruh rasio koagulan PAC terhadap nilai minyak/lemak air limbah. Pada Gambar 8 nilai minyak/lemak setelah penambahan koagulan PAC mengalami penurunan. Gambar 8 menunjukkan bahwa pada rasio 4% nilai minyak/lemak sudah memenuhi baku mutu dengan kadar minyak/lemak sebesar 1,6 mg/L. Sedangkan pada rasio 0,5%; 1%; dan 2% masih belum memenuhi baku mutu. Hasil pengolahan pada rasio penambahan 0,5%; 1%; dan 2% berturut-turut yaitu 11,2 mg/L; 19,2 mg/L; dan 10,8 mg/L. Penurunan nilai minyak/lemak yang terjadi pada rasio penambahan 0,5%; 1%; dan 2% berturut-turut yaitu sebesar 45,1%; 5,88%; dan 47,06%.

Koagulan PAC mengikat partikel minyak/lemak sehingga dapat terjadi penurunan nilai minyak/lemak. Menurut Yustinawati, dkk (2014) melaporkan bahwa PAC mampu

menurunkan nilai minyak/lemak sebesar 73%-75%. PAC dalam membentuk flok lebih cepat karena gugus aktif aluminat yang bekerja dengan efektif dan rantai polimer dari gugus polielektrolite memperkuat ikatan tersebut sehingga gumpalan flok lebih padat. Hal ini berpengaruh dalam mengikat partikel minyak/lemak. Pengadukan dapat merusak kestabilan emulsi minyak dan air pada limbah. Maka pada pengadukan yang mana terjadi pencampuran air limbah dengan koagulan maka stabilitas ikatan minyak dan air rusak karena tumbukan antar partikel dan destabilisasi muatan negatif partikel oleh muatan positif dari koagulan [29].

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa rasio penambahan koagulan PAC berpengaruh terhadap parameter-parameter yang diuji. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa *influent* limbah yang diuji pada parameter TSS, COD, BOD dan minyak/lemak masih belum memenuhi baku mutu Permen LHK No 68 Tahun 2016, hanya pada parameter pH dan TDS yang sudah memenuhi baku mutu. Hasil pengujian *effluent* yang diolah menggunakan koagulan PAC pada parameter TSS, COD, BOD, minyak/lemak belum memenuhi baku mutu Permen LHK No 68 Tahun 2016, hanya pada minyak/lemak dengan rasio penambahan 4% yang sudah memenuhi baku mutu. Pada parameter pH sudah memenuhi baku mutu Permen LHK No 68 Tahun 2016 dan TDS sudah memenuhi baku mutu Pergub Jatim no 72 Tahun 2013. Penelitian ini menunjukkan bahwa pada rasio 0,5% memiliki penurunan nilai pH paling baik yaitu sebesar 2,11%. Pada rasio 2% memiliki penurunan nilai COD dan BOD paling baik yaitu 50% untuk penurunan nilai COD dan 56,82% untuk penurunan nilai BOD. Pada rasio 4% memiliki penurunan nilai TDS, kekeruhan, TSS, dan minyak/lemak yang paling baik dengan penurunan nilai TDS sebesar 9,14% sebesar, pada kekeruhan sebesar 83,78%, pada TSS sebesar 17,57%, dan pada minyak/lemak sebesar 92,16%.

Saran terhadap penelitian selanjutnya adalah menggunakan variasi konsentrasi PAC di atas 1000 ppm. Selain itu dapat dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai hasil koagulasi-flokuasi yang dilanjutkan dengan pengolahan biologi agar dapat sesuai dengan baku mutu terutama pada parameter COD dan BOD.

REFERENSI

- [1] M. Pungus, S. Palilingan, dan F. Tumimomor, "Penurunan Kadar BOD dan COD dalam Limbah Cair Laundry Menggunakan Kombinasi Adsorben Alam sebagai Media Filtrasi," *Fuller. Journ. Chem*, vol. 4, no. 2, hal. 54–60, 2019.
- [2] K. Sa'diyah, M. Syarwani, dan S. S. Udjiana, "Pengolahan Air Limbah Domestik Menggunakan Kombinasi Settlement Tank dan Fixed-Bed Coloumn Up-Flow," *J. Tek. Kim. dan Lingkung.*, vol. 2, no. 2, hal. 84, 2018.
- [3] P. A. A. Suhermen dan P. S. Komala, "Tinjauan Singkat Pengolahan Limbah Cair menggunakan Metode Kombinasi Koagulasi dan Advanced Oxidation Processes (AOPs)," *Univ. Riau*, vol. 1, no. 1, hal. 9–15, 2022.
- [4] 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," *J. Rekayasa Proses*, vol. 12, no. 2, hal. 40, 2018.

- [5] Z. Rahimah, H. Heldawati, dan I. Syaughiah, "Pengolahan Limbah Deterjen Dengan Metode Koagulasi-Flokulasi Menggunakan Koagulan Kapur Dan PAC," *Konversi*, vol. 5, no. 2, hal. 13, 2018.
- [6] A. D. Radiyaningrum dan J. Caroline, "Industri Batik Dengan Koagulan PAC Pada Proses Koagulasi Flokulasi," *Semin. Nas. Sains dan Teknol. Terap.*, hal. 1–6, 2017.
- [7] N. Yustinawati, "Efektifitas Poly Aluminium Chloride (PAC) pada Pengolahan Limbah Lumpur Pemboran Sumur Minyak," *J. Online Mhs. Fak. Tek. Univ. Riau*, vol. 1, no. 2, hal. 1–10, 2014.
- [8] F. Rosariawari dan M. Mirwan, "Untuk Menurunkan Kekeruhan Pada Air Permukaan," *J. Ilm. Tek. Lingkung.*, vol. 5, no. 1, hal. 1–10, 2013.
- [9] M. A. Revansyah, L. K. Men, S. Setianto, Fitriawati, L. Safriani, dan A. Aprilia, "Analisis TDS, pH, dan COD untuk Mengetahui Kualitas Air Warga Desa Cilayung," *J. Mater. dan Energi Indones.*, vol. 12, no. 2, hal. 43–49, 2022.
- [10] P. Prayitno, S. Susanto, dan B. widiono Arif budiono, "Pedoman Praktikum Pengolahan Limbah," 2019.
- [11] P. L. Sawyer, C.N; McCarty, *Chemistry for Environmental Engineering and Science*. 1978.
- [12] Badan Standardisasi Nasional, "SNI 06-6989.10-2004 Air dan Air Limbah – Bagian 10: Cara Uji Minyak dan Lemak secara Gravimetri," hal. 11, 2004.
- [13] D. Fitria Andriani, "Efektivitas PAC (Poly Aluminium Chloride) dalam Menurunkan Kadar Fosfat Pada Limbah Cair Rumah Sakit Jiwa Prof. Dr. Soerojo Magelang," *J. Kesehat. Masy.*, vol. 5, no. 5, hal. 659–665, 2017.
- [14] E. Kustiyaningsih dan R. Irawanto, "Pengukuran Total Dissolved Solid (TDS) dalam Fitoremediasi Detergen dengan Tumbuhan *Sagittaria lancifolia*," *J. Tanah dan Sumberd. Lahan*, vol. 7, no. 1, hal. 143–148, 2020.
- [15] N. I. F. Nisa dan A. Aminudin, "Pengaruh Penambahan Dosis Koagulan terhadap Parameter Kualitas Air dengan Metode Jarrest," *JRST (Jurnal Ris. Sains dan Teknol.*, vol. 3, no. 2, hal. 61, 2019.
- [16] M. A. Fahril, N. A. Rangkuti, dan I. R. Nila, "Pengujian Alat Pendeteksi Tingkat Kekeruhan Air Berbasis Mikrokontroler Atmega 8535 sebagai Sensor Turbidity," *Hadron J. Fis. dan Terap.*, vol. 4, no. 1, hal. 13–19, 2022.
- [17] K. Permatasi, O. Setiani, dan M. Raharjo, "Perbedaan Efektivitas Variasi Konsentrasi Feri Klorida dan Polyaluminium Chloride dalam Menurunkan Kadar Chemical Oxygen Demand (COD) pada Air Lindi TPA Jatibarang Kota Semarang," *Riskesdas 2018*, vol. 3, hal. 103–111, 2016.
- [18] A. Budiman, C. Wahyudi, W. Irawati, dan H. Hindarso, "Kinerja Koagulan Poly Aluminium Chloride (PAC) dalam Penjernihan Air Sungai Kalimas Surabaya menjadi Air Bersih," *Widya Tek.*, vol. 7, no. 1, hal. 25–34, 2017.
- [19] C. D. Prianti dan S. Hadianoro, "Pengaruh Penambahan PAC terhadap Tingkat Kekeruhan pada Proses Penjernihan Air Sungai Di Perumda Delta Tirta - Sidoarjo," *Distilat J. Teknol. Separasi*, vol. 8, no. 3, hal. 526–531, 2022.
- [20] S. L. Sahendra, R. A. Hamsyah, dan K. Sa'diyah, "Pengolahan Limbah Cair Pabrik Gula menggunakan Adsorben dari Kotoran Sapi dan Ampas Tebu," *CHEESA Chem. Eng. Res. Artic.*, vol. 4, no. 1, hal. 31, 2021.

- [21] D. S. Simanjuntak, "Penurunan Kadar TSS pada Limbah Cair Tahu menggunakan Rumput Vetiver (*Vetiveria zizanioides* L)," *Ready Star*, vol. 2, no. 1, hal. 70–73, 2019.
- [22] A. Zakaria, S. Sauri, D. M. Fadela, dan P. S. A. Wardhani, "Efisiensi Penurunan Kadar COD, TSS, dan TDS pada Air Limbah Industri Pangan menggunakan Koagulan Poly Aluminium Chloride dengan Metode Jar Test," *War. Akab*, vol. 45, no. 2, hal. 98–104, 2021.
- [23] R. Danil, M. R. Kirom, dan A. Qurtobi, "Effect of Temperature and pH Analysis about Decreased Levels of Chemical Oxygen Demand in Temperature-phased Anaerobic Digestion System with Waste Food Substrates," *e-Proceedings Eng.*, vol. 4, no. 2, hal. 2174–2180, 2017.
- [24] D. M. Hutabarat, W. S. Witasari, dan R. Baskoro, "Pengaruh Jenis Koagulan dan Variasi pH terhadap Kualitas Limbah Cair Di Instalasi Pengolahan Air Limbah PT Kawasan Industri Intiland," *Distilat J. Teknol. Separasi*, vol. 8, no. 3, hal. 588–594, 2022.
- [25] A. D. Santoso, "Keragaan Nilai DO, BOD dan COD di Danau Bekas Tambang Batubara Studi Kasus pada Danau Sangatta North PT. KPC di Kalimantan Timur," *J. Teknol. Lingkung.*, vol. 19, no. 1, hal. 89, 2018.
- [26] P. E. Sabilina, A. Setiawan, dan A. E. Afiuddin, "Studi Penggunaan Dosis Koagulan PAC (Poly Aluminium Chloride) dan Flokulan Polymer Anionic pada Pengolahan Limbah Cair Industri Tahu," *Kumpul. J. dan Pros. Elektron. PPNS*, vol. 1, no. 1, hal. 183–188, 2015.
- [27] Riskawanti, H. L. Brena, I. Chairul, dan T. Andri, "Pengolahan Limbah Perendaman Karet Rakyat dengan Metode Koagulasi dan Flokulasi menggunakan $Al_2(SO_4)_3$, $FeCl_3$ dan PAC," *Pengolah. Limbah Perendaman Karet*, vol. 7, hal. 17–25, 2016.
- [28] V. Nur Kharismasari Faradillah dan P. Pujiastuti, "Potensial Fatty Oil Pollution from Restaurant Wastewater," *J. Kim. dan Rekayasa*, vol. 3, no. 1, hal. 11–20, 2022.
- [29] L. Barus dan F. Masra, "Kajian Pengolahan Limbah Cair CPO (Minyak Sawit Mentah) dengan Air Laut dan PAC (Poly Aluminium Chlorida) dalam Menurunkan Kadar Minyak/ Lemak, BOD, COD, TSS dan Menstabilkan Nilai pH," *J. Kesehat.*, vol. 13, no. 1, hal. 192, 2022.