

PENGARUH RASIO PENAMBAHAN ALUMINIUM SULFAT ($Al_2(SO_4)_3$) PADA PENGOLAHAN LIMBAH CAIR PUSAT PERBELANJAAN SECARA KOAGULASI-FLOKULASI

Marshanda Ira Prameswara dan Khalimatus Sa'diyah

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

marshandairap23@gmail.com; khalimatus.s@polinema.ac.id

ABSTRAK

Pusat perbelanjaan yang terletak di Kawasan Dinoyo Kota Malang memiliki IPAL dengan pengolahan secara kimia melalui koagulasi-flokulasi dan biologi melalui aerobik. Pengolahan koagulasi-flokulasi menggunakan koagulan tawas. Namun, tawas yang digunakan masih terlalu banyak dan masih belum dapat menurunkan parameter hingga sesuai baku mutu. Alternatif koagulan yang dapat digunakan yaitu $Al_2(SO_4)_3$, yang dapat menurunkan nilai TSS, BOD, COD, dan kekeruhan dengan harga terjangkau. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis pengaruh rasio koagulan $Al_2(SO_4)_3$ 1000 ppm terhadap parameter pH, TDS, TSS, kekeruhan, COD, BOD, dan minyak/lemak pada pengolahan limbah cair pusat perbelanjaan secara koagulasi-flokulasi. Metode koagulasi-flokulasi dilakukan pada skala laboratorium menggunakan *jar test* dengan variabel rasio penambahan koagulan $Al_2(SO_4)_3$ 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. Kemudian hasil pengadukan diendapkan selama 30 menit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa koagulan $Al_2(SO_4)_3$ 1000 ppm dengan rasio 2% efisien dalam menurunkan nilai COD sebesar 42,86% dan nilai BOD sebesar 71,02%, sedangkan rasio 4% efisien dalam menurunkan nilai pH sebesar 3,75%, nilai TDS sebesar 9,76%, nilai TSS sebesar 25,19%, nilai kekeruhan sebesar 43,99%, dan kandungan minyak/lemak sebesar 20,83%.

Kata kunci: aluminium sulfat, flokulasi, koagulasi, limbah domestik, pusat perbelanjaan

ABSTRACT

The shopping center located in the Dinoyo area of Malang City has an WWTP with chemical processing through coagulation-flocculation and biology through aerobics. Coagulation-flocculation treatment using alum coagulant. However, the amount of alum used is still too much and it still cannot reduce the parameters to meet the quality standards. The purpose of this study was to analyze the effect of the coagulant ratio of 1000 ppm aluminum sulfate on the parameters of pH, TDS, TSS, turbidity, COD, BOD, and oil/fat in shopping center wastewater treatment by coagulation-flocculation. The coagulation-flocculation method was carried out on a laboratory scale using a jar test with a variable ratio of 0.5% aluminum sulfate coagulant addition; 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. Then the result of stirring is deposited for 30 minutes. The results showed that 1000 ppm aluminum sulfate coagulant with a ratio of 2% was efficient in reducing the COD value by 42.86% and the BOD value by 71.02%, while the 4% ratio was efficient in reducing the pH value by 3.75%, the TDS value by 9.76%, TSS value of 25.19%, turbidity value of 43.99%, and oil/fat content of 20.83%.

Keywords: aluminium sulphate, flocculation, coagulation, domestic waste, shopping center

1. PENDAHULUAN

Limbah cair domestik adalah limbah cair yang berasal dari kegiatan permukiman, rumah makan (*restaurant*), dan perkantoran. Sumber limbah cair domestik adalah seluruh buangan cair yang berasal dari buangan rumah tangga, salah satunya *wastafel* [1]. Limbah cair domestik terbagi menjadi *black water* (berasal dari toilet) dan *grey water* (selain dari toilet). *Black water* adalah air limbah yang berasal dari toilet dan umumnya ditampung di dalam *septic tank*, sedangkan *grey water* adalah air limbah yang berasal dari sisa kegiatan rumah tangga seperti kegiatan mencuci dan mandi yang langsung dibuang ke saluran drainase maupun perairan umum [2].

Salah satu penghasil limbah cair domestik adalah pusat perbelanjaan. Pusat perbelanjaan yang terletak di kawasan Dinoyo, Kota Malang, memiliki IPAL dengan sumber limbah *grey water* yang berasal dari tempat cuci tangan dan peralatan masak pada pujasera pusat perbelanjaan. *Grey water* diolah menggunakan *grease trap*, selanjutnya diolah menggunakan metode koagulasi dengan koagulan tawas dan dilanjutkan menggunakan metode biologi aerobik dengan media sarang tawon. Koagulan yang digunakan yaitu tawas sebanyak $\frac{1}{4}$ kg yang diencerkan dengan air kran. Pada bak koagulasi tidak terdapat pengaduk, sehingga larutan tawas dan air limbah dibiarkan tercampur dengan sendirinya. Pada tahap selanjutnya, dilakukan pengolahan limbah dengan biologi aerob dengan media sarang tawon yang berfungsi sebagai media pertumbuhan bakteri sehingga memperluas permukaan kontak antara bakteri dan limbah. Udara yang digunakan untuk aerasi berasal dari *blower*. Pada tahap ini dilakukan penambahan EM4 untuk menghilangkan bau dan menurunkan kadar BOD dan COD. Namun, hasil pengolahan yang dilakukan masih belum memenuhi baku mutu pada Permen LHK No. 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik [3]. Penambahan tawas yang tidak terukur pada IPAL merupakan salah satu penyebab pengolahan limbah cair masih belum efektif. Penambahan koagulan tawas yang berlebih maka akan mengakibatkan air menjadi keruh [4]. Kekeruhan dapat menyebabkan nilai parameter lainnya juga ikut naik.

Tabel 1. Nilai parameter *effluent* limbah cair pusat perbelanjaan

No	Parameter	Baku Mutu	Influent	Effluent
1	pH	7-9	4,99	6,18
2	TDS (ppm)	2000	528	464
3	Kekeruhan (ppm)	-	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

Alternatif pengolahan limbah cair yang dapat dilakukan yaitu dengan metode koagulasi-flokulasi. Proses koagulasi merupakan proses pengumpulan partikel-partikel penyusun kekeruhan yang tidak dapat diendapkan secara gravitasi, menjadi partikel yang lebih besar sehingga dapat diendapkan dengan cara pemberian bahan kimia koagulan [5]. Selanjutnya diikuti oleh proses flokulasi, dimana partikel-partikel flok membentuk partikel yang lebih besar melalui proses pengadukan agar pengikatan flok lebih optimal. Tujuan flokulasi yaitu untuk membentuk partikel dengan ukuran lebih besar dan massa yang lebih

berat sehingga padatan dapat dipisahkan dari cairan dengan cara diendapkan. Penggabungan flok kecil menjadi flok besar terjadi karena adanya tumbukan antar flok. Tumbukan ini terjadi akibat adanya pengadukan lambat [6].

Terdapat banyak jenis koagulan yang dapat digunakan, salah satunya adalah aluminium sulfat ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$). Aluminium sulfat dapat diperoleh dalam bentuk padatan maupun cairan. Proses pengolahan limbah dengan penambahan koagulan alum didasarkan pada kemampuan alum yang dapat membentuk inti flok yang dapat mengikat ion-ion logam yang ada di dalam limbah pada suasana basa [7]. Aluminium sulfat murni dapat dijumpai di toko-toko kimia dengan harga yang masih terjangkau, yaitu Rp26.000,00 setiap kilogramnya.

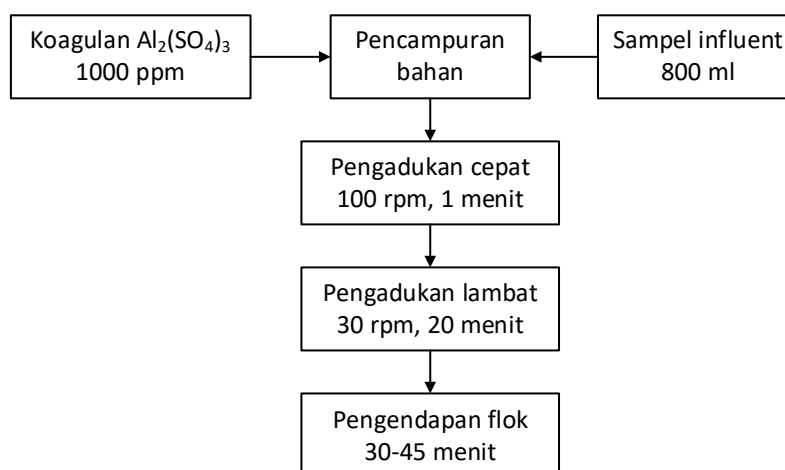
Selain mudah ditemukan di pasaran, koagulan ini juga memiliki efisiensi yang tinggi dalam menurunkan zat pencemar. Pada penelitian yang dilakukan oleh Mayasari (2018), aluminium sulfat dengan konsentrasi 50 ppm dapat menurunkan kekeruhan air sungai untuk diubah menjadi air bersih dengan efisiensi sebesar 74,57% [8]. Pada penelitian pengolahan lindi di suatu TPA yang dilakukan oleh Fajri dkk (2017), aluminium sulfat dengan dosis 16 g/L memiliki efisiensi penyisihan parameter BOD sebesar 57%, COD sebesar 61%, dan TSS sebesar 16% [7].

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, dilakukan penelitian pada pengolahan limbah cair pusat perbelanjaan dengan metode koagulasi menggunakan koagulan aluminium sulfat. Penelitian dilakukan untuk menganalisis pengaruh rasio koagulan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 1000 ppm terhadap parameter pH, TDS, TSS, kekeruhan, COD, BOD, dan minyak/lemak pada pengolahan limbah cair pusat perbelanjaan secara koagulasi-flokulasi.

2. METODOLOGI PENELITIAN

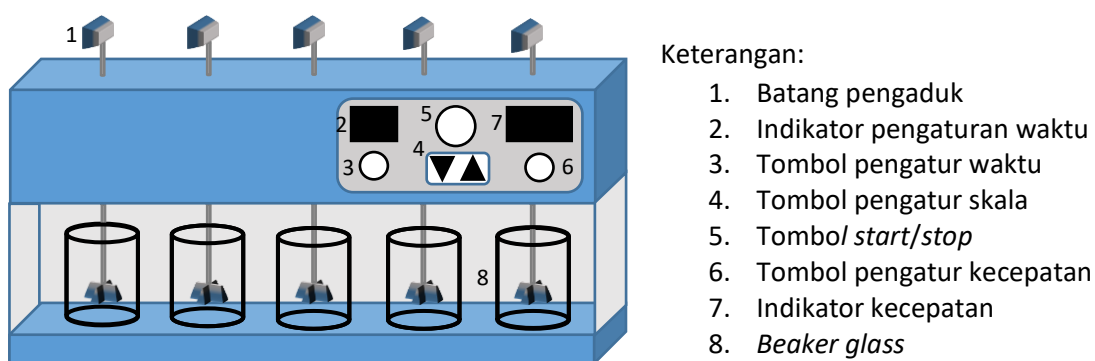
Pengolahan limbah cair domestik pusat perbelanjaan dilakukan dengan metode koagulasi-flokulasi menggunakan koagulan aluminium sulfat. Penelitian ini dilaksanakan secara eksperimen untuk mengetahui rasio aluminium sulfat yang tepat dan efektif untuk pengolahan limbah cair domestik pusat perbelanjaan. Pengolahan limbah cair dilakukan dengan alat *jar test*. Sampel limbah cair sebelum dan sesudah melalui proses pengolahan dilakukan analisis.

2.1. Koagulasi-flokulasi



Gambar 1. Skema kerja proses koagulasi-flokulasi

Sampel *influent* limbah cair mall sebanyak 800 ml dimasukkan ke dalam *beaker glass* 1000 ml sebanyak 4 buah. Larutan aluminium sulfat 1000 ppm dengan rasio volume 0,5%, 1%, 2%, dan 4% dimasukkan ke dalam *beaker glass* berisi sampel. *Beaker glass* diletakkan ke alat *jar test*. Alat *jar test* diatur kecepatan pengadukan sebesar 100 rpm dan waktu pengadukan selama 1 menit untuk pengadukan cepat. Kemudian, alat *jar test* diatur kecepatan pengadukan sebesar 30 rpm dan waktu pengadukan selama 20 menit untuk pengadukan lambat. Hasil pengadukan didiamkan selama 30 sampai 45 menit untuk mengendapkan flok yang terbentuk.



Gambar 2. Alat *jar test*

2.2. Analisis

Influent dan *effluent* limbah cair dari proses koagulasi dilakukan analisis berupa pH, TDS, TSS, kekeruhan, BOD, COD, dan kandungan minyak/lemak.

a. Analisis pH

Analisis pH bertujuan untuk mengetahui nilai pH pada *influent* dan *effluent* dari hasil koagulasi. Nilai pH dapat diketahui menggunakan alat pH-meter. Alat pH-meter dicelupkan ke dalam sampel kemudian ditunggu hingga angka yang terbaca pada alat tidak berubah [9].

b. Analisis TDS

Analisis TDS bertujuan untuk mengetahui jumlah padatan terlarut pada *influent* dan *effluent* dari hasil koagulasi. Nilai TDS dapat diketahui menggunakan alat TDS-meter. TDS-meter dicelupkan ke dalam sampel kemudian ditunggu hingga angka yang terbaca pada alat tidak berubah.

c. Analisis TSS

Analisis TSS bertujuan untuk mengetahui jumlah padatan tersuspensi pada *influent* dan *effluent* dari hasil koagulasi. Nilai TSS dapat diketahui dengan menyaring sampel sebanyak 30 ml (c) kemudian disaring dengan *vacuum filter*. Kertas saring yang digunakan ditimbang terlebih dahulu (b). Residu padatan ditimbang hingga konstan (a). Penentuan nilai TSS dihitung dengan persamaan (1) [10].

$$\text{TSS (mg/L)} = \frac{(a-b) \times 1000}{c} \quad (1)$$

d. Analisis kekeruhan

Analisis kekeruhan bertujuan untuk mengetahui nilai kekeruhan pada *influent* dan *effluent* dari hasil koagulasi. Nilai kekeruhan dapat diketahui menggunakan alat turbidimeter. Sampel dimasukkan ke dalam kuvet hingga tanda batas. Kuvet dimasukkan ke dalam lubang turbidimeter kemudian ditutup untuk menghalangi cahaya dari luar. Tombol *read* ditekan untuk membaca nilai kekeruhan. Pada penelitian ini menggunakan turbidimeter merk HACH 2100Q *Portable Turbidimeter* [11].

e. Analisis BOD

Analisis BOD bertujuan untuk mengetahui jumlah oksigen yang dibutuhkan mikroorganisme pada *influent* dan *effluent* dari hasil koagulasi. Nilai BOD dapat diketahui dengan titrasi sampel pada hari ke 0 dan hari 5. Sampel diencerkan sebanyak 100 kali. Sampel encer dimasukkan ke botol *Winkler* yang telah diukur volumenya (V) hingga meluber. Sampel encer diberi mangan (II) sulfat sebanyak 2 ml di bawah permukaan cairan. Campuran ditambahkan larutan alkali-iodida sebanyak 2 ml. Botol *Winkler* ditutup dengan hati-hati agar tidak ada gelembung udara dalam botol. Botol *Winkler* dikocok hingga campuran homogen. Endapan akan terbentuk setelah botol didiamkan selama 10 menit. Bagian yang jernih dipindahkan ke erlenmeyer terlebih dahulu. Endapan yang ada di dalam botol diberi H₂SO₄ sebanyak 2 ml. Endapan yang telah larut dipindahkan ke erlenmeyer yang sudah berisi cairan jernih. Campuran diberi indikator kanji sebanyak 1-2 ml. Sampel dititrasi dengan larutan standar tiosulfat 0,025 N hingga berwarna bening. Volume titran (a) dicatat dan digunakan untuk menentukan nilai BOD dihitung dengan persamaan (2) dan persamaan (3) [12].

$$OT = \frac{a \cdot N \cdot 8000}{V} \quad (2)$$

$$BOD_5 = \frac{(X_0 - X_5) - (B_0 - B_5)(1 - P)}{P} \quad (3)$$

Keterangan:

OT = Oksigen terlarut (mg O₂/l)

X₀ = OT sampel pada saat t = 0 hari (mg O₂/l)

X₅ = OT sampel pada saat t = 5 hari (mg O₂/l)

B₀ = OT blanko pada saat t = 0 hari (mg O₂/l)

B₅ = OT blanko pada saat t = 5 hari (mg O₂/l)

P = derajat / faktor pengenceran

f. Analisis COD

Analisis COD bertujuan untuk mengetahui jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk menguraikan zat organik pada *influent* dan *effluent* dari hasil koagulasi. Nilai COD dapat diketahui dengan titrasi redoks. Sampel diencerkan sebanyak 100 kali. Sampel encer sebanyak 20 ml dimasukkan ke dalam erlenmeyer yang sudah diberi HgSO₄ 0,4 g. Campuran diberi larutan standar kalium dikromat sebanyak 10 ml dan asam sulfat pekat yang mengandung Ag₂SO₄ sebanyak 30 ml dengan hati-hati. Campuran direfluks selama 2 jam. Kondensor refluks dibilas dengan aquades sebanyak 25-50 ml setelah proses refluks selesai. Campuran ditambahkan indikator ferroin sebanyak 2-3 tetes. Campuran dititrasi dengan larutan standar ferro ammonium sulfat 0,1 N (N) hingga

menjadi warna merah coklat. Volume titran untuk titrasi blanko (a) dan sampel (b) dicatat dan digunakan untuk menentukan nilai BOD dihitung dengan persamaan (4) [12].

$$\text{COD (mg/L)} = \frac{(a-b) \cdot N \cdot 8000}{V} \times C \quad (4)$$

Keterangan:

C = Faktor pengenceran

8000 = Berat ekuivalen oksigen

V = Volume sampel yang dititrasi

g. Analisis minyak/lemak

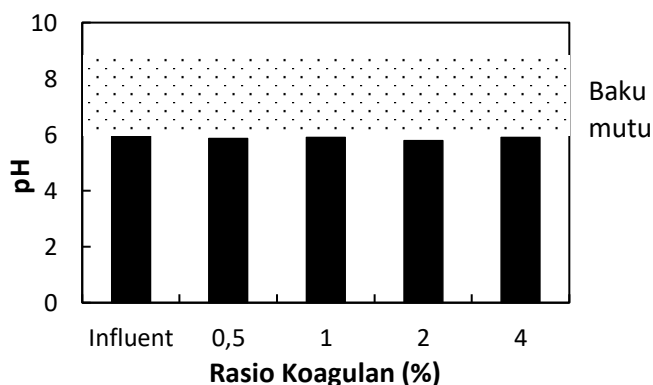
Analisis minyak/lemak bertujuan untuk mengetahui jumlah kandungan minyak/lemak pada *influent* dan *effluent* dari hasil koagulasi. Kandungan minyak/lemak dapat diketahui dengan ekstraksi cair-cair dan gravimetri. Sampel sebanyak 250 ml (c) dimasukkan ke dalam corong pisah. Heksana sebanyak 7,5 ml dicampurkan ke dalam sampel sebagai pelarut minyak. Campuran dikocok selama 2 menit kemudian dibiarkan hingga minyak dan air terpisah. Emulsi yang terbentuk dihancurkan dengan sentrifugasi dengan kecepatan 4000 rpm selama 30 menit. Botol kosong ditimbang (b). Minyak dimasukkan ke dalam botol dengan penyaringan Na_2SO_4 2,5 gram. Minyak dalam botol dioven pada suhu 70°C selama 1 jam. Botol yang sudah dioven didinginkan di dalam desikator selama 15 menit. Botol ditimbang pada neraca analitik (a). Kandungan minyak/lemak dihitung dengan persamaan (5) [13].

$$\text{Minyak/lemak (mg/L)} = \frac{(a-b) \times 1000}{c} \quad (5)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pengaruh Rasio Penambahan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ terhadap Nilai pH

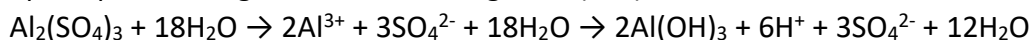
Derajat keasaman (pH) adalah salah satu faktor terpenting yang mempengaruhi proses koagulasi. Bila proses koagulasi dilakukan tidak pada rentang pH optimum, maka akan mengakibatkan gagalnya proses pembentukan flok dan rendahnya kualitas air yang dihasilkan. Kisaran pH yang efektif untuk koagulasi dengan alum pada pH 5,5 – 8,0 [14].



Gambar 3. Grafik pengaruh rasio penambahan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ terhadap nilai pH

Rasio koagulan dapat mempengaruhi nilai pH. Penambahan koagulan aluminium sulfat dapat menurunkan pH limbah. Penurunan pH terkecil terjadi pada rasio penambahan koagulan sebanyak 1% dan 4%. pH mula-mula berada di angka 6,13 turun menjadi 5,9 atau terjadi penurunan sebesar 3,75%. Rasio penambahan koagulan 0,5% dapat menurunkan nilai pH dari 6,13 menjadi 5,86 atau sebesar 4,4%. Pada rasio penambahan koagulan 2% dapat menurunkan nilai pH dari 6,13 menjadi 5,79 atau sebesar 5,55%. Namun, nilai pH yang turun setelah dilakukan pengolahan ini menjadikan limbah melebihi batas baku mutu yang ditetapkan.

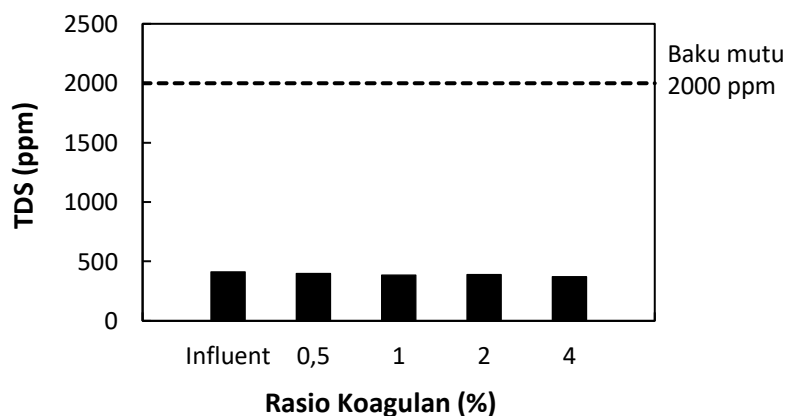
Aluminium sulfat memiliki nilai pH yang berkisar antara 2,5-4. Artinya, larutannya bersifat asam dan dapat menurunkan nilai pH secara drastis. Berikut adalah reaksi yang terjadi pada proses koagulasi-flokulasi dengan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$.



Ion aluminium akan bersifat asam karena memiliki sifat amfoter, dimana larutan bergantung pada suasana lingkungan yang mempengaruhinya. Selama koagulasi, pengaruh pH air terhadap ion H^+ dan OH^- penting untuk menentukan muatan hasil hidrolisa. Komposisi kimia air juga penting, karena ion divalen seperti SO_4^{2-} dan HPO_4^{2-} dapat diganti dengan ion-ion OH^- dalam kompleks oleh karena itu dapat berpengaruh terhadap sifat-sifat endapan [14].

3.2. Pengaruh Rasio Penambahan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ terhadap Nilai TDS

Padatan terlarut total atau *total dissolved solid* (TDS) adalah jumlah zat padat yang terlarut, baik berupa ion, senyawa, maupun koloid di dalam air. TDS biasanya disebabkan oleh bahan anorganik yang berupa ion-ion yang biasa ditemukan di perairan [15]. Sehingga, semakin tinggi TDS, semakin tinggi kandungan mineral pada perairan [16].



Gambar 4. Grafik pengaruh rasio penambahan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ terhadap nilai TDS

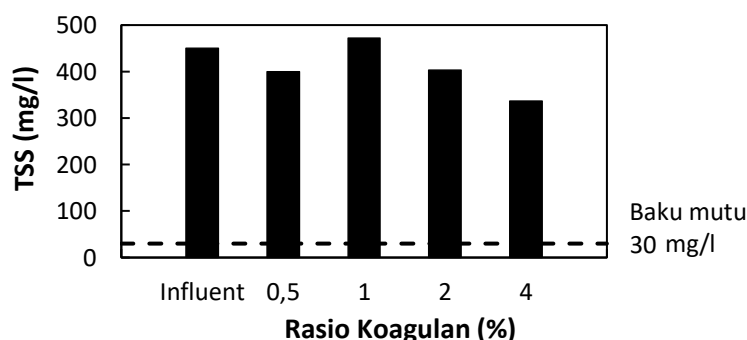
Rasio koagulan juga mempengaruhi nilai TDS limbah cair. Dilihat dari Gambar 4, semakin tinggi dosis koagulan maka semakin rendah nilai TDS. Rasio penambahan koagulan sebanyak 4% adalah rasio yang paling efisien untuk menurunkan nilai TDS, dari 410 ppm menjadi 370 ppm atau sebesar 9,76%. Apabila akan digunakan untuk pengolahan dengan limbah sebanyak 326,8 L, maka dibutuhkan koagulan aluminium sulfat 1000 ppm sebanyak 13,072 L. Rasio penambahan koagulan 0,5% dapat menurunkan nilai TDS dari 410 ppm menjadi 399 ppm atau sebesar 2,68%. Rasio penambahan koagulan 1% dapat

menurunkan nilai TDS dari 410 ppm menjadi 385 ppm atau sebesar 6,098%. Rasio penambahan koagulan 2% dapat menurunkan nilai TDS dari 410 ppm menjadi 388 ppm atau sebesar 5,37% Apabila dibandingkan dengan baku mutu limbah cair domestik Pergub Jatim No. 72 Tahun 2013, nilai TDS hasil pengolahan sudah sesuai dengan baku mutu yang ditetapkan.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Nuurfath dkk (2019), aluminium sulfat dengan dosis sebanyak 3 g/L dapat menurunkan nilai TDS dengan efisiensi sebesar 60%. Apabila dibandingkan dengan hasil penelitian, penambahan koagulan dengan rasio terbaik yaitu 4% atau 0,0385 g/L dapat menurunkan TDS dengan efisiensi sebesar 9,76%. Nilai efisiensi yang lebih kecil ini juga sebanding dengan jumlah koagulan yang ditambahkan pada proses pengolahan koagulasi. Semakin sedikit jumlah koagulan yang ditambahkan, maka semakin sedikit pula efisiensi yang dihasilkan [17].

3.3. Pengaruh Rasio Penambahan $Al_2(SO_4)_3$ terhadap Nilai TSS

TSS atau *Total Suspended Solid* merupakan total padatan tersuspensi dalam air, umumnya dinyatakan sebagai konsentrasi dalam bentuk miligram per liter [7]. Material tersebut dapat berupa pasir, tanah liat, lumpur, dan lain-lain. yang tersuspensi di dalam air dan tertahan pada kertas saring. Metode pengukuran yang dilakukan pada pengujian ini adalah secara gravimetri [18].



Gambar 5. Grafik pengaruh rasio penambahan $Al_2(SO_4)_3$ terhadap nilai TSS

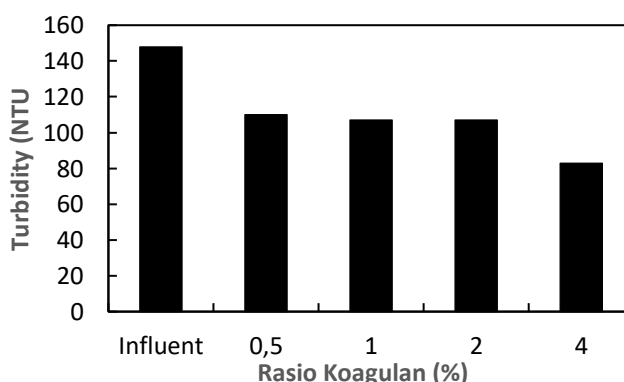
Berdasarkan Gambar 5 dapat dilihat bahwa besarnya rasio koagulan yang diberikan dapat mengurangi nilai zat padat tersuspensi pada limbah cair. Rasio penambahan aluminium sulfat sebanyak 4% memiliki tingkat efisiensi paling tinggi karena dapat menurunkan nilai TSS dari 450 mg/l menjadi 366,67 mg/l atau sebesar 25,19%. Apabila akan digunakan untuk pengolahan dengan limbah sebanyak 326,8 L, maka dibutuhkan koagulan aluminium sulfat 1000 ppm sebanyak 13,072 L. Rasio penambahan koagulan 0,5% dapat menurunkan nilai TSS dari 450 mg/l menjadi 400 mg/l atau sebesar 11,11%. Rasio penambahan koagulan 1% masih belum dapat menurunkan nilai TSS. Rasio penambahan koagulan 2% dapat menurunkan nilai TSS dari 450 mg/l menjadi 403,33 mg/l atau sebesar 10,37%. Namun, nilai-nilai ini masih jauh di atas baku mutu yang ditetapkan yaitu 30 mg/l.

Hasil penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Nuurfath dkk (2019). Penambahan koagulan aluminium sulfat dengan dosis sebanyak 3g/L dapat menurunkan nilai TSS sebanyak 78,61%. Apabila penambahan koagulan aluminium sulfat dengan dosis 4% atau 0,0385 g/L dapat menurunkan TSS dengan efisiensi 25,19%, maka berarti bahwa semakin banyak koagulan yang ditambahkan, semakin tinggi pula efisiensi

yang didapatkan. Nilai TSS dapat turun karena adanya ikatan aluminium sulfat dengan partikel-partikel koloid sehingga membentuk flok atau partikel dengan ukuran yang lebih besar. Gumpalan partikel tersebut lebih mudah mengendap, sehingga limbah terbebas dari padatan yang mengapung dan penampakan limbah lebih jernih. Hal inilah yang menyebabkan nilai TSS lebih rendah dibandingkan sebelum dilakukan pengolahan.

3.4. Pengaruh Rasio Penambahan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ terhadap Nilai Kekeruhan

Kekeruhan menggambarkan suatu sifat optik air yang ditentukan berdasarkan banyaknya cahaya yang diserap dan dipancarkan oleh bahan-bahan yang terdapat dalam air. Kekeruhan disebabkan oleh bahan organik dan anorganik baik tersuspensi maupun terlarut seperti lumpur, pasir halus, bahan anorganik dan bahan organik seperti plankton dan mikroorganisme lainnya [19].



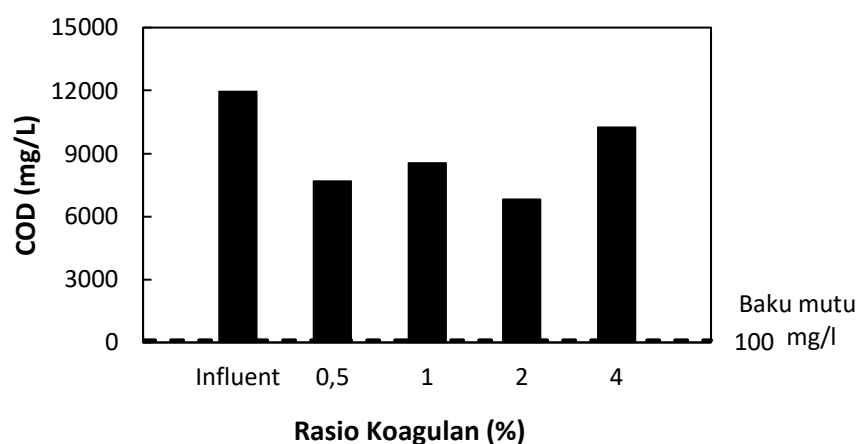
Gambar 6. Grafik pengaruh rasio penambahan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ terhadap nilai kekeruhan

Kekeruhan dapat dipengaruhi oleh nilai TSS dan TDS. Semakin besar padatan total pada limbah, semakin besar pula nilai kekeruhan yang didapat. Berdasarkan Gambar 6 dapat diketahui bahwa rasio penambahan aluminium sulfat sebanyak 4% merupakan rasio terbaik untuk menurunkan kekeruhan, dari 148 NTU menjadi 82,9 NTU atau sebesar 43,99%. Apabila akan digunakan untuk pengolahan dengan limbah sebanyak 326,8 L, maka dibutuhkan koagulan aluminium sulfat 1000 ppm sebanyak 13,072 L. Rasio penambahan koagulan 0,5% dapat menurunkan nilai kekeruhan dari 148 NTU menjadi 110 NTU atau sebesar 25,68%. Pada rasio penambahan koagulan 1% dan 2%, masing-masing dapat menurunkan nilai kekeruhan dari 148 NTU menjadi 107 NTU atau sebesar 27,7%. Nilai kekeruhan pada limbah domestik disebabkan oleh banyaknya partikel koloid bermuatan negatif dan hasil degradasi zat organik [5,19].

Efisiensi penurunan kekeruhan pada penelitian ini lebih rendah apabila dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Simatupang (2021) yang mengatakan bahwa penambahan koagulan aluminium sulfat dengan dosis 30 ppm dapat menurunkan kekeruhan dengan efisiensi sebesar 92,67% pada pengolahan limbah cair *stockpile* batubara. Namun, rasio terbaik pada penelitian ini yaitu 4% atau 40 ppm hanya dapat menurunkan kekeruhan sebesar 43,99%.

3.5. Pengaruh Rasio Penambahan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ terhadap Nilai COD

Chemical Oxygen Demands (COD) adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik secara kimia dalam limbah cair dengan memanfaatkan oksidator kalium dikromat sebagai sumber oksigen. Semakin tinggi nilai COD, berarti semakin tinggi pula zat organik di dalam limbah dan sebaliknya [20].



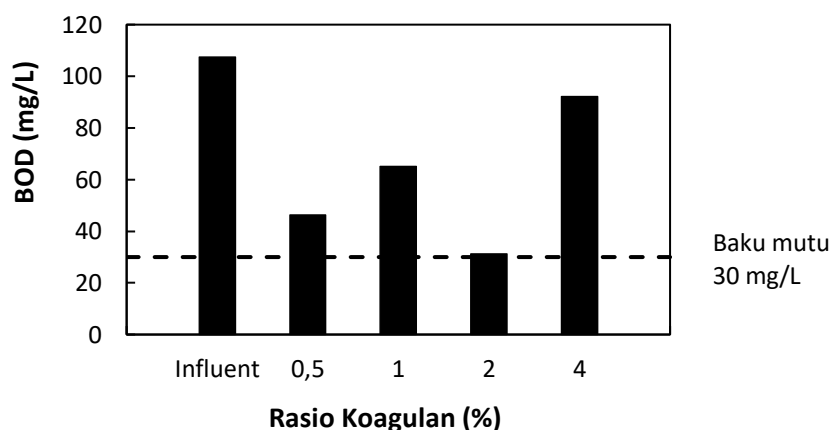
Gambar 7. Grafik pengaruh rasio penambahan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ terhadap nilai COD

Berdasarkan Gambar 7, rasio penambahan aluminium sulfat yang paling efektif yaitu sebanyak 2%. Rasio tersebut dapat menurunkan nilai COD dari 11.961,6 mg/l menjadi 6.835,2 mg/l atau sebesar 42,86%. Apabila akan digunakan untuk pengolahan dengan limbah sebanyak 326,8 L, maka dibutuhkan koagulan aluminium sulfat 1000 ppm sebanyak 6,536 L. Rasio penambahan koagulan 0,5% dapat menurunkan nilai kekeruhan dari 11.961,6 mg/l menjadi 7.689,6 mg/l atau sebesar 35,71%. Rasio penambahan koagulan 1% dapat menurunkan nilai kekeruhan dari 11.961,6 mg/l menjadi 8.544 mg/l atau sebesar 28,57%. Rasio penambahan koagulan 4% dapat menurunkan nilai kekeruhan dari 11.961,6 mg/l menjadi 10.252,8 mg/l atau sebesar 14,29%. Namun, nilai ini masih belum memenuhi baku mutu yang ditetapkan yaitu 100 mg/l.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Fajri (2017), bahwa penambahan koagulan aluminium sulfat dapat menurunkan COD sebesar 53%. Kekeruhan yang disebabkan oleh padatan yang mengapung berbanding terbalik dengan oksigen yang terlarut di dalam air. Semakin keruh badan air, semakin sedikit kandungan oksigen di dalamnya. Apabila rasio penambahan koagulan dapat menjernihkan air limbah, maka nilai COD atau kebutuhan oksigen kimia dapat berkurang. Namun angka dari efisiensi penurunan tingkat kekeruhan dan kandungan COD tidak memberikan hasil yang sama. Hal ini disebabkan karena di dalam air limbah tidak hanya ada senyawa organik yang terendapkan, sehingga efisiensi penyisihan COD tidak sama besar dengan efisiensi penyisihan tingkat kekeruhan [20].

3.6. Pengaruh Rasio Penambahan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ terhadap Nilai BOD

Biological Oxygen Demand (BOD) atau jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri untuk menguraikan (mengoksidasikan) hampir semua zat organik yang terlarut dan sebagian zat-zat organik yang tersuspensi dalam air. Pemeriksaan BOD diperlukan untuk menentukan beban pencemaran akibat air buangan penduduk dan industri, dan untuk merancang sistem-sistem pengolahan biologis bagi air yang tercemar tersebut. Penguraian zat organik adalah peristiwa alamiah; kalau sesuatu badan air dicemari oleh zat organik, bakteri dapat menghabiskan oksigen terlarut, dalam air selama proses oksidasi tersebut bisa mengakibatkan kematian ikan-ikan dalam air dan keadaan menjadi anaerobik dan dapat menimbulkan bau busuk pada air [7].



Gambar 8. Grafik pengaruh rasio penambahan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ terhadap nilai BOD

Penambahan koagulan aluminium sulfat juga dapat menurunkan nilai BOD. Berdasarkan Gambar 8 rasio penambahan aluminium sulfat terbaik yaitu sebesar 2%, dimana dapat menurunkan nilai BOD dari 107,4809 mg/l menjadi 31,1450 mg/l atau sebesar 71,02%. Apabila akan digunakan untuk pengolahan dengan limbah sebanyak 326,8 L, maka dibutuhkan koagulan aluminium sulfat 1000 ppm sebanyak 6,536 L. Rasio penambahan koagulan 0,5% dapat menurunkan nilai kekeruhan dari 107,4809 mg/l menjadi 46,4122 mg/l atau sebesar 56,82%. Rasio penambahan koagulan 1% dapat menurunkan nilai kekeruhan dari 107,4809 mg/l menjadi 65,0322 mg/l atau sebesar 39,49%. Rasio penambahan koagulan 4% dapat menurunkan nilai kekeruhan dari 107,4809 mg/l menjadi 92,2137 mg/l atau sebesar 14,2045%. Namun, nilai ini masih belum memenuhi baku mutu yang ditetapkan yaitu 30 mg/l.

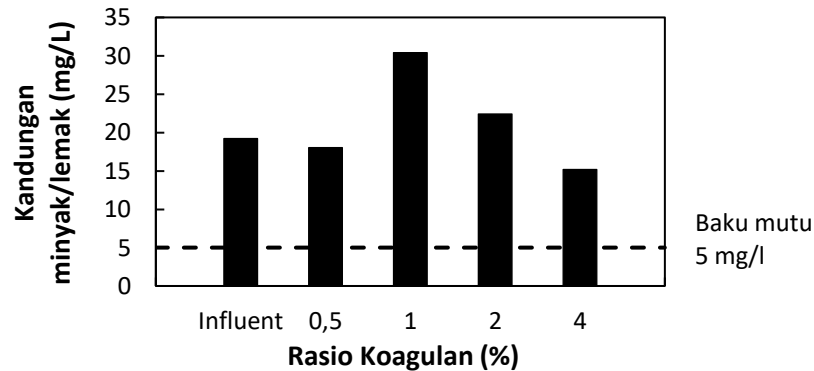
Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Fajri (2017), bahwa penambahan koagulan dengan dosis 16 g/L dapat menurunkan nilai BOD sebesar 51%. Namun, pengolahan secara koagulasi masih belum efektif karena nilai BOD masih tinggi, dimana BOD merupakan parameter kunci untuk menyatakan banyaknya bahan pencemar organik di dalam limbah. Nilai BOD juga dipengaruhi oleh kekeruhan, dimana semakin jernih badan air, maka semakin tinggi pula kandungan oksigen di dalamnya. Dengan kata lain, dosis koagulan yang tinggi dapat menjernihkan limbah dan menurunkan nilai BOD atau kebutuhan oksigen biologis.

3.7. Pengaruh Rasio Penambahan $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ terhadap Kandungan Minyak/Lemak

Minyak lemak adalah pencemar organik *non-biodegradable* yang mana sifatnya sukar diuraikan mikroorganisme [21]. Minyak dan lemak biasanya ditemukan mengapung di atas permukaan air, meskipun sebagian terdapat di bawah permukaan air. Adanya minyak dan lemak di atas permukaan air merintang proses biologi dalam air sehingga tidak terjadi fotosintesa [22].

Berdasarkan Gambar 9, rasio koagulan berpengaruh terhadap kandungan minyak dalam limbah. Rasio koagulan terbaik dalam menurunkan kandungan minyak yaitu sebesar 4%, dimana dapat menurunkan dari 19,2 mg/l menjadi 15,2 mg/l atau sebesar 20,83%. Apabila akan digunakan untuk pengolahan dengan limbah sebanyak 326,8 L, maka dibutuhkan koagulan aluminium sulfat 1000 ppm sebanyak 13,072 L. Rasio penambahan koagulan 4% dapat menurunkan nilai kekeruhan dari 19,2 mg/l menjadi 18 mg/l atau

sebesar 6,25%. Rasio penambahan koagulan 1% dan 2% masing-masing masih belum dapat menurunkan kandungan minyak/lemak. Namun, nilai ini masih jauh dari baku mutu yang ditetapkan yaitu 5 mg/l.



Gambar 9. Grafik pengaruh rasio penambahan $Al_2(SO_4)_3$ terhadap kandungan minyak/lemak

Hasil penelitian ini sebanding dengan penelitian yang dilakukan oleh Yustinawati (2014), dimana penambahan koagulan aluminium sulfat dengan konsentrasi 9000-14000 ppm dapat menurunkan kandungan minyak/lemak pada limbah lumpur pemboran sumur minyak dengan efisiensi 39-55%. Hal ini sesuai karena dosis aluminium sulfat yang digunakan pada penelitian ini hanya 1000 ppm dengan penambahan 4% dari volume limbah atau 40 ppm.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa rasio penambahan koagulan aluminium sulfat berpengaruh terhadap parameter-parameter yang diuji. Penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan koagulan aluminium sulfat 1000 ppm dengan rasio 2% efisien dalam menurunkan nilai COD sebesar 42,86% dan nilai BOD sebesar 71,02%. Penambahan koagulan aluminium sulfat 1000 ppm dengan rasio 4% efisien dalam menurunkan nilai pH sebesar 3,75%, nilai TDS sebesar 9,76%, nilai TSS sebesar 25,19%, nilai kekeruhan sebesar 43,99%, dan nilai kandungan minyak/lemak sebesar 20,83%.

Saran terhadap penelitian selanjutnya adalah meningkatkan konsentrasi koagulan aluminium sulfat menjadi di atas 1000 ppm dan meningkatkan variasi rasio koagulan yang ditambahkan. Selain itu, dapat dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai hasil koagulasi-flokulasi yang dilanjutkan dengan pengolahan biologi agar dapat sesuai dengan baku mutu terutama pada parameter COD dan BOD.

REFERENSI:

- [1] S. Sulistia dan A. C. Septisya, "Analisis Kualitas Air Limbah Domestik Perkantoran," *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, vol. 12, no. 1, hal. 41–57, 2019.
- [2] D. M. Wisesa, "Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah di Rumah Susun Tanah Merah Surabaya," Tugas Akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, 2016.
- [3] Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan, "Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No. 68," 2016.

- [4] S. Sisnayati, E. Winoto, Y. Yhopie, dan S. Aprilyanti, "Perbandingan Penggunaan Tawas dan PAC Terhadap Kekeruhan dan pH Air Baku PDAM Tirta Musi Palembang," *Jurnal Redoks*, vol. 6, no. 2, hal. 107–116, 2021.
- [5] T. J. Permatasari dan E. Apriliani, "Optimasi Penggunaan Koagulan dalam Proses Penjernihan Air," *Jurnal Sains dan Seni Pomits*, vol. 2, no. 1, hal. 6–11, 2013.
- [6] U. R. S. Arifin, M. M. E. Jadid, dan B. Widiono, "Pengolahan Limbah Air Asam Tambang Emas dengan Proses Netralisasi Koagulasi Flokulasi," *Distilat*, vol. 5, no. 2, hal. 112–120, 2019.
- [7] N. Fajri, M. Hadiwidodo, dan A. Rezagama, "Pengolahan Lindi dengan Metode Koagulasi-Flokulasi Menggunakan Koagulan Aluminium Sulfat dan Metode Ozonisasi untuk Menurunkan Parameter BOD, COD, dan TSS (Studi Kasus Lindi TPA Jatibarang)," *Jurnal Teknik Lingkungan*, vol. 6, no. 1, hal. 1–13, 2017.
- [8] R. Mayasari dan M. Hastarina, "Optimalisasi Dosis Koagulan Aluminium Sulfat dan Poli Aluminium Klorida (PAC) (Studi Kasus PDAM Tirta Musi Palembang) Optimisation of Aluminium Sulphate and Poly-Aluminium Chloride (PAC) (Case Study at PDAM Tirta Musi Palembang)," *Integrasi*, vol. 3, no. 2, hal. 28–36, 2018.
- [9] Badan Standardisasi Nasional, "Standar Nasional Indonesia 06-6989.11-2004 Air dan air limbah – Bagian 11: Cara uji derajat keasaman (pH) dengan menggunakan alat pH meter," 2004.
- [10] Badan Standardisasi Nasional, "Standar Nasional Indonesia 06-6989.3-2004 Air dan air limbah-Bagian 3: Cara uji padatan tersuspensi total (Total Suspended Solid, TSS) secara gravimetri," 2004.
- [11] Badan Standardisasi Nasional, "Standar Nasional Indonesia 06-6989.25-2005 Air dan air limbah – Bagian 25: Cara uji kekeruhan dengan nefelometer," 2005.
- [12] P. Prayitno, S. Susanto, B. Widiono, dan A. Budiono, *Pedoman Praktikum Pengolahan Limbah*. 2019.
- [13] Badan Standardisasi Nasional, "Standar Nasional Indonesia 06-6989.10-2004 Air dan air limbah - Bagian 10: Cara uji minyak dan lemak secara gravimetri," 2004.
- [14] S. Ningsih dan T. Harmawan, "Pengaruh Penambahan $Al_2(SO_4)_3$ Terhadap Derajat Keasaman Air Baku pada Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Tirta Keumueneng Langsa," *Quimica: Jurnal Kimia Sains dan Terapan*, vol. 4, no. 1, hal. 20–23, 2022.
- [15] D. Sumarno *dkk.*, "Hubungan Total Padatan Terlarut dan Konduktivitas Perairan di Danau Limboto, Provinsi Gorontalo," *Buletin Teknik Litkayasa*, vol. 15, no. 2, hal. 109–113, 2017.
- [16] R. R. Saputri, "Pengolahan Limbah Rumah Tangga (Grey Water) dengan Sistem Filtrasi Upflow Menggunakan Filter Multimedia," Tugas Akhir, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry, Banda Aceh, 2021.
- [17] F. Nuurfath, S. Elystia, dan E. HS, "Penentuan Dosis Terbaik Koagulan Aluminium Sulfat Dalam Mengolah Limbah Cair Laboratorium Dengan Proses Koagulasi dan Flokulasi," *JOM FTEKNIK*, vol. 6, no. 2, hal. 1–6, 2019.
- [18] F. I. Fajarwati dan A. D. Putri, "Analysis of Physical and Chemical Parameters Outlet WWTP of Domestic Communal Sukunan Village in Pusat Pengembangan Teknologi Tepat Guna Pengolahan Air Limbah (Pusteklim) Yogyakarta," *Indonesian Journal Of Chemical Research*, vol. 6, no. 2, hal. 98–110, 2022.
- [19] R. Fitriyanti, "Penggunaan Aluminium Sulfat untuk Menurunkan Kekeruhan dan Warna pada Limbah Cair Stockpile Batubara dengan Metode Koagulasi dan Flokulasi," *Jurnal Redoks Teknik Kimia*, vol. 2, no. 1, hal. 42–47, 2017.
- [20] D. A. C. Putri, T. Joko, dan N. A. Y. Dewanti, "Kemampuan Koagulan Kitosan dengan Variasi Dosis dalam Menurunkan Kandungan COD dan Kekeruhan pada Limbah Cair Laundry (Studi pada Rahma Laundry, Kecamatan Tembalang, Kota Semarang)," *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, vol. 3, no. 3, hal. 711–722, 2015.

- [21] V. N. K. Faradillah dan P. Pujiastuti, "Potensi Pencemaran Minyak Lemak dari Air Limbah Rumah Makan," *Jurnal Kimia dan Rekayasa*, vol. 3, no. 1, hal. 11–20, 2022.
- [22] Yustinawati, Nirwana, dan I. HS, "Efektifitas Poly Aluminium Chloride (PAC) Pada Pengolahan Limbah Lumpur Pemboran Sumur Minyak," *JOM FTEKNIK*, vol. 1, no. 2, 2014.