

PENGOLAHAN LIMBAH TEKSTIL SABLON DENGAN KOAGULAN LIDAH BUAYA DAN FERI KLORIDA (FeCl_3)

K.K. Makin*, N.G.A.M.D.A. Suastuti, dan K.G.D. Putra

Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Udayana, Jimbaran, Bali, Indonesia

**e-mail: kristinakarolina.m02@gmail.com*

Article Received on: 13th September 2025

Revised on: 29th June 2026

Accepted on: 30th July 2026

ABSTRAK

Industri tekstil sablon menghasilkan limbah cair yang mengandung bahan kimia berbahaya seperti pewarna sintesis, deterjen dan logam berat yang dapat mencemari lingkungan. Salah satu metode pengolahan limbah yang efektif adalah proses koagulasi – flokulasi menggunakan bahan koagulan kimiawi feri klorida (FeCl_3) dan koagulan alami lidah buaya (*Aloe vera*). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui koagulan FeCl_3 dan lidah buaya yang paling efektif dalam proses koagulasi-flokulasi. Perlakuan yang diterapkan dalam penelitian ini adalah menggunakan konsentrasi koagulan FeCl_3 dan lidah buaya masing-masing 20, 40, dan 60 mg/L. Hasil penelitian menunjukkan bahwa FeCl_3 lebih efektif dibandingkan lidah buaya dalam menurunkan seluruh parameter. Konsentrasi optimum FeCl_3 pada masing-masing parameter COD, BOD, TSS, Cr dan pH berturut-turut adalah 60, 20, 60, 40, dan 40 mg/L dengan hasil yang diperoleh 4148,3; 6,7536; 0,0627; 86,2533 dan 6,26 mg/L. Sedangkan konsentrasi optimum lidah buaya pada masing-masing parameter COD, BOD, TSS, Cr dan pH berturut-turut adalah 20, 40, 60, 60 dan 20 mg/L dengan hasil yang diperoleh 2230,0; 33,1966; 0,1880; 92,15 mg/L dan 6,08. Penggunaan koagulan alami dapat menjadi alternatif yang lebih ramah lingkungan, dapat meminimalisir dampak negatif dalam penggunaan koagulan kimiawi terhadap lingkungan. Disarankan untuk penelitian selanjutnya mengkaji kombinasi koagulan alami dan kimiawi sehingga mengoptimalkan pengolahan limbah.

Kata kunci: flokulasi, FeCl_3 , koagulasi, lidah buaya, limbah tekstil sablon.

ABSTRACT

The screen-printing textile industry produces liquid waste containing hazardous chemicals such as synthetic dyes, detergents, and heavy metals that can pollute the environment. One effective method of wastewater treatment is the coagulation-flocculation process using the chemical coagulant ferric chloride (FeCl_3) and the natural coagulant aloe vera. This study aims to determine which coagulant— FeCl_3 or aloe vera (*Aloe vera*)—is most effective in the coagulation-flocculation process. The treatments applied in this study involved using FeCl_3 and aloe vera coagulant concentrations of 20, 40, and 60 mg/L, respectively. The results showed that FeCl_3 was more effective than aloe vera in reducing all parameters. The optimal concentrations of FeCl_3 for COD, BOD, TSS, Cr, and pH, respectively, were 60, 20, 60, 40, and 40 mg/L, yielding results of 4148.3; 6.7536; 0.0627; 86.2533; and 6.26 mg/L. Meanwhile, the optimal concentrations of aloe vera for the parameters COD, BOD, TSS, Cr, and pH, respectively, were 20, 40, 60, 60, and 20 mg/L, yielding results of 2,230.0; 33.1966; 0.1880; 92.15; and 6.08 mg/L. The use of natural coagulants can be a more environmentally friendly alternative, minimizing the negative environmental impacts associated with the use of chemical coagulants. It is recommended that future research examine combinations of natural and chemical coagulants to optimize wastewater treatment.

Keywords: aloe vera, coagulation, flocculation, FeCl_3 , screen printing textile waste.

PENDAHULUAN

Bali mengalami kemajuan industri tekstil yang signifikan dalam beberapa tahun terakhir. Hal ini dibuktikan dengan banyaknya pendapatan ekspor Tekstil dan Produk Tekstil (TPT) di pulau Bali.

Pada tahun 2011, ekspor produk tekstil meningkat sebesar 14,10% terhadap total pendapatan ekspor Bali (Antari dan Jannah, 2016). Salah satu industri tekstil yang begitu pesat yaitu industri tekstil sablon, dari proses pengolahan tekstil sablon pasti akan dihasilkan limbah, terutama limbah cair (air limbah)

secara tidak langsung akan mengakibatkan peningkatan jumlah limbah yang signifikan (Faizal *et al.*, 2018).

Proses pengolahan limbah cair industri dapat diterapkan secara fisik, kimiawi, atau biologis. Salah satu teknik yang sering digunakan adalah koagulasi, pemilihan teknik ini dikarenakan prosesnya yang sederhana, mudah diaplikasikan, biaya relatif murah, dan mampu mengolah limbah hingga memenuhi baku mutu. Koagulasi merupakan proses penambahan zat koagulan ke dalam larutan dengan tujuan mengubah kondisi partikel tersuspensi, koloid, serta zat-zat yang terlarut sebagai langkah awal menuju proses flokulasi. Flokulasi sendiri merupakan tahapan di mana partikel-partikel bermuatan tidak stabil saling bertemu dan berinteraksi, membentuk gumpalan partikel berukuran lebih besar yang dikenal sebagai flok atau partikel flokulan. Dalam pengolahan air limbah tekstil membutuhkan bahan yang efektif terhadap pH yang lebih tinggi dari 4 seperti Feri Klorida (FeCl_3) bisa digunakan sebagai koagulan untuk pengolahan air limbah tekstil. (FeCl_3) dapat digunakan pada air dengan tingkat kesadahan rendah dan intensitas warna yang tinggi, karena mampu menghilangkan warna dan bau secara efektif. Senyawa ini juga memiliki kemampuan membentuk flok dengan cepat sehingga proses pengendapan berlangsung lebih efisien, serta memerlukan dosis bahan kimia yang relatif lebih sedikit. Feri klorida merupakan bahan kimia industri yang banyak dimanfaatkan dalam pengolahan limbah, pengolahan air minum, serta berperan sebagai katalis, baik pada skala industri maupun laboratorium (Ayni dan Ningsih, 2021). Selain koagulan kimia adapun koagulan yang menggunakan bahan alami. Penggunaan koagulan bahan alam dilakukan sebisa mungkin untuk mengurangi penggunaan bahan sintetik yang menghasilkan efek samping dalam penggunaannya (Hidayatullah, 2023). Penelitian sebelumnya menyatakan bahwa jenis tumbuhan semak, Kulit pisang, biji kelor, dan biji asam jawa dapat digunakan sebagai koagulan alami untuk melakukan penjernihan air. Bahan alami yang bisa digunakan yaitu lidah buaya (Maharani, 2020).

Lidah buaya memiliki potensi untuk mengurangi tingkat kekeruhan air karena kandungan karbohidrat kompleks dan gula di dalamnya dapat berfungsi mengikat partikel-partikel yang terdapat dalam air. Kandungan mucilage atau gel pada lidah buaya, yang serupa dengan yang dimiliki tanaman kaktus, telah terbukti efektif dalam proses penjernihan air (Hidayatullah, 2023).

Dilakukan penelitian mengenai pengolahan air limbah tekstil sablon menggunakan koagulan lidah

buaya (*Aloe vera*) dan Feri Klorida (FeCl_3) dengan parameter uji COD (*Chemical Oxygen Demand*), BOD (*Biological Oxygen Demand*), TSS (*Total Suspended Solid*), pH dan Logam berat kromium (Cr).

MATERI DAN METODE

Bahan

Bahan kimia yang digunakan dalam penelitian ini adalah bahan kimia dengan derajat kemurnian pro analisis (p.a.) yaitu ferri klorida (FeCl_3), natrium tiosulfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$), asam sulfat pekat 98% (H_2SO_4), larutan alkali iodida-azida (komposisi: NaOH, NaI, dan NaN_3), kalium dikromat ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$), kalium iodida 10% (KI), mangan sulfat (MnSO_4), larutan amilum ($\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$)_n, larutan pengencer BOD (komposisi: KH_2PO_4 , K_2HPO_4 , Na_2HPO_4 , MgSO_4 , CaCl_2 , FeCl_2 , dan EM4), kalium hidrogen ftalat ($\text{C}_8\text{H}_5\text{KO}_4$), *digestion solution* (komposisi: $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, HgSO_4 , dan H_2SO_4), pereaksi asam sulfat (komposisi: Ag_2SO_4 dan H_2SO_4), asam nitrat (HNO_3) pekat, hidrogen peroksida 30% (H_2O_2). Bahan alami untuk pengolahan air limbah adalah gel lidah buaya. Sampel yang diteliti adalah sampel air limbah tekstil sablon yang berada di Jln Gunung Gede Gang Kiwi no. 4 Denpasar-Bali.

Peralatan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi alat gelas, botol sampel, *jar test*, pisau, pipet volume, COD reactor T 25, blender, oven, timbangan analitik, pH meter yang sudah dilengkapi elektroda, *kuvet*, corong, tabung reaksi, *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS) Shimadzu AA 7000, botol *digestion vessel*, dan spektrofotometer UV-Vis Shimadzu UV 2600.

Cara Kerja

Preparasi Gel Lidah Buaya

Daun lidah buaya dicuci menggunakan air mengalir untuk membersihkan kotoran yang menempel. Setelah itu, kulit daun dikupas untuk memperoleh dagingnya. Daging lidah buaya kemudian dihaluskan menggunakan blender hingga menghasilkan gel lidah buaya yang digunakan sebagai koagulan. Gel koagulan tersebut selanjutnya disimpan dalam wadah yang bersih.

Proses Pengolahan Air Limbah Tekstil Sablon

Proses koagulasi dan flokulasi dilakukan menggunakan alat *jar test*. Proses *jar test* dilakukan dengan pengadukan cepat 200 rpm selama 1 menit. Kemudian kecepatan diturunkan menjadi 90 rpm selama 20 menit. Koagulan ditambahkan secara bersamaan ke air limbah dengan konsentrasi yang berbeda yaitu sebanyak 20 mg/L, 40 mg/L, 60

mg/L. Setelah proses jar test selesai, kemudian flok yang sudah terbentuk dibiarkan mengendap selama 60 menit, lalu ditampung dalam botol sampel. Selanjutnya dilakukan pengujian sesuai parameter uji BOD, COD, TSS, pH dan logam berat kromium (Cr).

Pengukuran pH Meter Air Limbah Tekstil Sablon

Pengukuran pH pada sampel limbah industri tekstil dilakukan berdasarkan standar SNI 6989.11:2019. Alat yang digunakan dalam proses pengukuran ini adalah pH meter. Sebelum digunakan, elektroda pada pH meter dibilas terlebih dahulu dengan akuades dan dikeringkan menggunakan tisu. Sampel kemudian dimasukkan ke dalam gelas beaker, lalu elektroda dicelupkan ke dalam sampel hingga pH meter menampilkan hasil pembacaan yang stabil. Pengulangan dilakukan sebanyak 3 kali.

Pengukuran BOD Air Limbah Tekstil Sablon

Larutan sampel dipipet sebanyak 25,0 mL kemudian dipindahkan ke dalam labu ukur 250 mL. Selanjutnya larutan pengencer BOD ditambahkan secara perlahan hingga mencapai tanda tera. Selanjutnya larutan dikocok hingga homogen. Larutan sampel yang telah diencerkan dibagi menjadi dua botol DO yang masing-masing diberi tanda A1 dan A2. Larutan sampel dimasukkan ke dalam kedua botol tersebut hingga meluap, lalu botol ditutup rapat untuk mencegah terbentuknya gelembung udara. Setelah itu, botol dikocok beberapa kali dan air suling ditambahkan di sekitar mulut botol. Botol A2 kemudian disimpan dalam lemari inkubator pada suhu $20^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ selama 5 hari. Setelah 5 hari, oksigen terlarut diukur pada botol A1 menggunakan metode titrasi iodometri (modifikasi Azida). Hasil pengukuran ini menunjukkan nilai oksigen terlarut pada nol hari (A1).

$$\text{Perhitungan BOD}_5 = \frac{(A1 - A2) - \left(\frac{B1 - B2}{V_B}\right) V_C}{P}$$

Pengukuran COD Air Limbah Tekstil Sablon

Larutan standar yang telah melalui proses refluks didinginkan secara perlahan hingga mencapai suhu ruang untuk mencegah terbentuknya endapan. Setelah itu, larutan dibiarkan hingga terjadi pengendapan dan dipastikan bahwa bagian yang akan dianalisis benar-benar jernih. Selanjutnya, spektrofotometer UV-Vis dinyalakan dan disesuaikan pengaturannya sesuai petunjuk penggunaan alat untuk pengujian COD. Dilakukan penentuan panjang gelombang maksimum,

kemudian larutan standar dimasukkan ke dalam kuvet. Nilai serapan setiap larutan diukur, dicatat, dan dipetakan terhadap konsentrasi COD-nya. Berdasarkan data tersebut, dibuat kurva kalibrasi dan ditentukan persamaan garis lurus nya. Larutan sampel diuji dengan perlakuan yang sama.

Perhitungan COD (mg/L) = $x.Fp$

dimana:

x : konsentrasi

Fp : faktor pengenceran

Pengukuran TSS Air Limbah Tekstil Sablon

Kertas saring kosong dioven kemudian ditimbang kertas saring kosong dan dicatat sebagai berat awal (B gram). Kertas saring yang telah dikeringkan di oven ditempatkan pada corong yang dihubungkan dengan wadah Erlenmeyer. Sebanyak 25 mL sampel dituang ke dalam corong dan dibiarkan hingga endapan tertahan di kertas saring. Setelah itu, kertas saring dikeringkan kembali di dalam oven pada suhu 103°C hingga 105°C selama 1 jam. Setelah selesai, kertas saring didinginkan dalam desikator, lalu ditimbang (A gram). Proses pengeringan, pendinginan, dan penimbangan diulangi hingga mencapai berat yang stabil dan konstan.

$$\text{Perhitungan TSS (mg/L)} = \frac{(A - B) \times 1000}{\text{Volume contoh uji (mL)}}$$

Pengukuran Logam Berat Cr

Absorbansi sampel diukur di alat AAS dengan Panjang gelombang 357,9 nm. Kemudian dilakukan perhitungan untuk mengetahui konsentrasi setiap sampel.

Perhitungan: Kadar logam Cr (mg/L) = $x.Fp$

dimana:

x : konsentrasi

Fp : faktor pengenceran

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini melakukan pengolahan air limbah tekstil sablon dengan menggunakan koagulan lidah buaya dan FeCl_3 , kemudian dilakukan menggunakan jar test untuk pengadukan cepat sehingga terbentuk flok. Dalam pengolahan divariasi konsentrasi yaitu 20, 40 dan 60 mg/L untuk pengujian setiap parameter.

Potential of Hydrogen (pH) Pengolahan Air Limbah Tekstil Sablon

Pengujian pH meter menggunakan metode sesuai dengan SNI 6989.11:2019.

Tabel 1. Nilai pH Pengolahan Air Limbah Tekstil Sablon

pH Awal	Konsentrasi (mg/L)	Nilai pH	
		Koagulan Gel lidah buaya	Koagulan FeCl ₃
11,79 ± 0,00125	20	6,08 ± 0,0216	6,63± 0,0163
	40	6,18 ± 0,0163	6,26± 0,0094
	60	6,36± 0,0125	6,57± 0,0294

Tabel 2. Nilai BOD Pengolahan Air Limbah Tekstil Sablon

BOD Awal (mg/L)	Konsentrasi (mg/L)	Nilai BOD (mg/L)	
		Koagulan Gel Lidah buaya	Koagulan FeCl ₃
72,5088 ± 1,9031	20	65,7710 ± 0,7421	6,7536 ± 0,2851
	40	33,1966 ± 0,2891	7,3584 ± 0,0823
	60	68,2577 ± 0,9065	7,7616 ± 0,3292

Dari Tabel 1 dapat dilihat nilai pH sampel awal limbah tekstil sablon sangat basa yaitu $11,79 \pm 0,00125$ karena penggunaan detergen dan penambahan natrium karbonat yang mampu menetralkan asam dalam pewarna sablon. Setelah pengolahan dengan menambahkan koagulan gel lidah buaya dan feri klorida pada semua konsentrasi terjadi penurunan nilai pH. Pada koagulan gel lidah buaya dengan konsentrasi 20 mg/L terjadi penurunan nilai pH yang lebih banyak yaitu sebesar $6,08 \pm 0,0216$, karena gel lidah buaya mengandung senyawa primer seperti polisakarida (acemannan, glukomanan, galaktomanan) dan asam galakturonat yang berperan dalam proses koagulasi-flokulasi melalui pembentukan ikatan hidrogen dan interaksi elektrostatis, sehingga membentuk flok. Kandungan metabolit sekundernya seperti saponin, fenolik, dan tanin membantu penggumpalan partikel, sedangkan mineral seperti kalsium, magnesium, dan zat besi berfungsi menetralkan muatan negatif partikel koloid (Ali *et al.*, 2015), sebaliknya konsentrasi 40 dan 60 mg/L nilai pH meningkat yaitu sebesar $6,18 \pm 0,0163$ dan $6,36 \pm 0,0125$ dikarenakan semakin banyak gel lidah buaya yang ditambahkan maka semakin banyak senyawa basa atau penetral seperti COO^- dan mineral alkali sehingga nilai pH akan meningkat. Pada penambahan koagulan feri klorida dengan konsentrasi 40 mg/L terjadi penurunan pH paling banyak yaitu sebesar $6,26 \pm 0,0094$ dibandingkan dengan konsentrasi 20 dan 60 mg/L yaitu sebesar $6,63 \pm 0,0163$ dan $6,57 \pm 0,0294$ karena ion Fe^{3+} yang dilepaskan ke dalam larutan mengalami reaksi hidrolisis membentuk endapan amorf $\text{Fe}(\text{OH})_3$ sebagai jembatan untuk menggabungkan partikel – partikel koloid yang tersuspensi di dalam air dan membentuk flok, reaksi ini melepaskan ion H^+ yang akan menetralkan ion OH^- di dalam sampel dan menyebabkan nilai pH menurun (Setiawan *et al.*, 2020).

Biological Oxygen Demand (BOD) Pengolahan Air Limbah Tekstil Sablon

Pengujian BOD menggunakan metode titrasi secara Iodometri (Modifikasi Azida) sesuai dengan SNI 6989.72:2009.

Dari Tabel 2 dapat dilihat nilai BOD sampel awal limbah tekstil sablon sangat tinggi yaitu sebesar $72,5088 \pm 1,9031$ mg/L, setelah pengolahan dengan koagulan gel lidah buaya dan feri klorida pada semua konsentrasi terjadi penurunan. Pada koagulan gel lidah buaya dengan konsentrasi 40 mg/L terjadi penurunan BOD yang paling banyak yaitu sebesar $33,1966 \pm 0,2891$ mg/L, hal ini disebabkan di dalam polisakarida dari gel lidah buaya mengandung *acetylated mannan* (acemannan) yang dapat mengolah zat – zat pencemar dalam air limbah sehingga mudah mengendap (Hidayatullah *et al.*, 2023). Sedangkan konsentrasi 20 mg/L nilai BOD tinggi yaitu sebesar $65,7710 \pm 0,7421$ mg/L karena jumlah senyawa aktif tidak mencukupi untuk mengikat seluruh partikel pencemar menyebabkan pembentukan flok tidak optimal yang mengakibatkan masih banyak senyawa organik tetap berada dalam larutan sebagai zat terlarut maupun partikel halus yang tidak terkoagulasi dan konsentrasi 60 mg/L juga memiliki nilai BOD tinggi yaitu sebesar $68,2577 \pm 0,9065$ mg/L karena jumlah polisakarida yang berlebihan dapat menimbulkan penambahan beban organik karena koagulan yang tidak bereaksi akan larut dalam air dan kelebihan muatan dari senyawa koagulan menyebabkan retabilitas partikel yaitu partikel semula menggumpal kembali terdispersi akibat ketidakseimbangan muatan permukaan (Priyanto, 2018). Pada penambahan koagulan feri klorida dengan konsentrasi 20 mg/L terjadi penurunan BOD yang paling banyak yaitu sebesar $6,7536 \pm 0,2851$ mg/L, hal ini disebabkan FeCl_3 bekerja sebagai koagulan melalui proses hidrolisis, yaitu ion Fe^{3+} bereaksi dengan air dan membentuk

endapan amorf $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Endapan ini memiliki luas permukaan yang besar dan muatan positif yang tinggi, sehingga mampu mengendapkan partikel koloid yang bermuatan negatif. Konsentrasi 20 mg/L jumlah ion Fe^{3+} yang terbentuk cukup untuk menyisihkan partikel tersuspensi dan senyawa organik, sedangkan konsentrasi 40 dan 60 mg/L menghasilkan nilai BOD yang tinggi yaitu sebesar $7,3584 \pm 0,0823$ dan $7,7616 \pm 0,3292$ mg/L disebabkan karena kelebihan ion Fe^{3+} sehingga terjadi restabilisasi partikel yaitu partikel yang telah berikatan kembali terdispersi karena muatan positif yang berlebih, dan juga sisa ion logam yang tidak bereaksi dapat meningkatkan total padatan terlarut (Nurhasanah, 2020).

Chemical Oxygen Demand (COD) Pengolahan Air Limbah Tekstil Sablon

Pengujian COD menggunakan metode refluks tertutup secara spektrofotometri UV-Vis sesuai dengan SNI 6989.2:2019.

Dari Tabel 3 dapat dilihat nilai COD sampel awal limbah tekstil sablon sangat tinggi yaitu sebesar $6741,7 \pm 656,2$ mg/L, setelah pengolahan dengan koagulan baik dengan gel lidah buaya dan feri klorida terjadi penurunan nilai COD untuk semua konsentrasi koagulan yang ditambahkan. Pada penambahan koagulan gel lidah buaya dengan konsentrasi 20 mg/L terjadi penurunan nilai COD yang paling banyak yaitu sebesar $2230,0 \pm 81,7$ mg/L. Hal ini disebabkan oleh adanya kandungan senyawa polisakarida dan asam galakturonat yang mampu mengadsorpsi bahan pencemar sehingga nilai COD menurun (Mujariah *et al.*, 2016), tetapi untuk konsentrasi 40 dan 60 mg/L terjadi kenaikan pada nilai COD yaitu sebesar $4330,0 \pm 216,0$ dan $4263,3 \pm 94,3$ mg/L karena kandungan bahan organik gel lidah buaya menyebabkan organik terlarut dalam air ikut meningkat ketika melalui proses pengolahan. Pada penambahan koagulan feri klorida dengan konsentrasi 60 mg/L terjadi penurunan COD yang paling banyak yaitu sebesar $4148,3 \pm 379,3$ mg/L, karena adanya mekanisme hidrolisis ion Fe^{3+} membentuk endapan $\text{Fe}(\text{OH})_3$ atau flok amorf mampu untuk mengendapkan senyawa organik dalam air dan juga menetralkan muatan partikel koloid dalam air limbah agar mempercepat penggumpalan partikel organik sehingga nilai COD menurun.

Total Suspended Solid (TSS) Pengolahan Air Limbah Tekstil Sablon

Pengujian TSS menggunakan metode gravimetri sesuai dengan SNI 6989.3:2019.

Dari Tabel 4 dapat dilihat nilai TSS sampel awal limbah tekstil sablon tinggi yaitu sebesar $1,3853 \pm 0,7239$ mg/L, setelah pengolahan dengan koagulan baik dengan gel lidah buaya dan feri klorida terjadi penurunan nilai TSS untuk semua konsentrasi koagulan yang ditambahkan. Pada penambahan koagulan gel lidah buaya dengan konsentrasi 60 mg/L menunjukkan penurunan nilai TSS paling banyak yaitu sebesar $0,1880 \pm 0,0523$ mg/L dibandingkan dengan konsentrasi 20 dan 40 mg/L yaitu sebesar $0,2107 \pm 0,0274$ dan $0,1973 \pm 0,0151$ mg/L, dikarenakan Gel lidah buaya memiliki kandungan poliasakarida mukilaginososa seperti acemannan, glucomannan dan asam poligalakturonat yang berfungsi sebagai bioflokulan alami. Dimana ketiga kandungan senyawa ini mengandung gugus fungsional aktif yaitu hidroksil ($-\text{OH}$) dan karboksil ($-\text{COOH}$) yang sangat reaktif terhadap partikel bermuatan negatif di dalam air limbah. Gugus yang ada sangat berperan dalam mekanisme adsorpsi yaitu permukaan partikel koloid tertarik dan menempel ke rantai molekul polisakarida lidah buaya. Hal ini menyebabkan partikel-partikel kehilangan kestabilan koloidnya dan polisakarida membentuk jembatan dengan partikel limbah, dimana satu molekul polisakarida dapat menarik beberapa partikel sehingga terbentuk flok dan mengendap (Shende, 2020), semakin banyak konsentrasi maka pengikat partikel koloid semakin banyak dan pembentukan flok yang maksimal. Pada penambahan koagulan feri klorida dengan konsentrasi 60 mg/L menunjukkan penurunan nilai TSS paling banyak yaitu sebesar $0,0627 \pm 0,0180$ mg/L dibandingkan dengan konsentrasi 20 dan 40 mg/L yaitu sebesar $0,1480 \pm 0,0255$ dan $0,1187 \pm 0,0426$ mg/L, penambahan feri klorida membuat ion Fe^{3+} yang bermuatan positif sehingga dapat menetralkan muatan negatif permukaan partikel tersebut. Itu lah yang menyebabkan gaya tolak-menolak berkurang karena berikatan. Dari proses ini yang menyebabkan terbentuknya flok mikro, yaitu gumpalan awal yang akan tumbuh menjadi flok yang lebih besar dan akan mengendap ke dasar (Jiang, 2015).

Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) Pengolahan Air Limbah Tekstil Sablon

Pengujian Logam berat Krom (Cr) menggunakan metode spektrofotometer serapan atom sesuai dengan SNI 6989.84 – 2019. Tabel 5 menunjukkan nilai logam berat krom (Cr) pada pengolahan air limbah tekstil sablon.

Tabel 3. Nilai COD Pengolahan Air Limbah Tekstil Sablon

COD Awal	Konsentrasi (mg/L)	Nilai COD	
		Koagulan Gel Lidah buaya	Koagulan FeCl ₃
6741,7 ± 656,2	20	2230,0 ± 81,7	5381,7 ± 271,8
	40	4330,0 ± 216,0	4831,7 ± 85,0
	60	4263,3 ± 94,3	4148,3 ± 379,3

Tabel 4. Nilai TSS Pengolahan Air Limbah Tekstil Sablon

TSS Awal (mg/L)	Konsentrasi (mg/L)	Nilai TSS (mg/L)	
		Koagulan Gel lidah buaya	Koagulan FeCl ₃
1,3853 ± 0,7239	20	0,2107 ± 0,0274	0,1480 ± 0,0255
	40	0,1973 ± 0,0151	0,1187 ± 0,0426
	60	0,1880 ± 0,0523	0,0627 ± 0,0180

Tabel 5. Nilai Logam Berat Krom (Cr) Pengolahan Air Limbah Tekstil Sablon

Cr Awal (mg/L)	Konsentrasi (mg/L)	Nilai Cr (mg/L)	
		Koagulan Gel lidah buaya	Koagulan FeCl ₃
100,8260 ± 0,2703	20	93,36 ± 3,244	88,1537 ± 0,9696
	40	92,53 ± 3,608	86,2533 ± 0,6926
	60	92,15 ± 5,080	88,0433 ± 0,6412

Dari Tabel 5 dapat dilihat nilai logam berat Cr sampel awal limbah tekstil sablon sangat tinggi yaitu sebesar 100,8260 ± 0,2703 mg/L, setelah pengolahan dengan koagulan gel lidah buaya dan feri klorida terjadi penurunan nilai logam berat Cr untuk semua konsentrasi koagulan yang ditambahkan. Pada penambahan koagulan gel lidah buaya penurunan yang terjadi tidak terlalu jauh rentang nilai dalam semua konsentrasi tetapi nilai paling kecil di konsentrasi 60 mg/L yaitu sebesar 92,15 ± 5,080 mg/L dibandingkan dengan konsentrasi 20 dan 40 mg/L yaitu sebesar 93,36 ± 3,244 dan 92,53 ± 3,608 mg/L, hal ini karena koagulan gel lidah buaya mampu menurunkan logam berat Cr di setiap konsentrasi karena pada gel lidah buaya mengandung senyawa aktif berupa polisakarida, asam poligalakturonat, glukomanan dan senyawa fenolik. Senyawa – senyawa ini bersifat hidrofilik dan mengandung gugus fungsi seperti -OH, -COOH, dan -C=O dapat berinteraksi dengan partikel koloid maupun ion logam berat seperti Cr dalam air limbah. Namun lidah buaya dalam penurunan logam berat Cr cenderung lebih rendah dibandingkan logam-logam ringan, karena Cr memiliki muatan tinggi dan afinitas kompleksasi yang lebih kuat (Shende, 2020). Pada penambahan koagulan feri klorida dengan konsentrasi 40 mg/L terjadi penurunan paling banyak yaitu sebesar

86,2533 ± 0,6926 mg/L dibandingkan dengan konsentrasi 20 dan 60 mg/L yaitu sebesar 88,1537 ± 0,9696 dan 88,0433 ± 0,6412 mg/L, dikarenakan feri klorida membentuk flok Fe(OH)₃ yang maksimal dan mampu menyerap ion Cr dalam jumlah lebih besar (Duan *et al.*, 2003) Endapan ini berperan sebagai *sweep flocc* yang mampu menarik partikel-partikel bermuatan negatif, termasuk ion CrO₄²⁻ atau CrO₇²⁻, ketika konsentrasi berlebih ion Fe³⁺ yang tidak berfloklulasi dapat membentuk kompleks larut seperti FeCl₄⁻, yang akan menyebabkan penurunan efektivitas adsorpsi maka dari itu hasil yang didapat konsentrasi 40 mg/L lebih kecil dibandingkan dengan konsentrasi 20 dan 60 mg/L. (Liu *et al.*, 2019).

SIMPULAN

Konsentrasi optimum koagulan lidah buaya pada masing-masing parameter COD, BOD, TSS, Cr dan pH berturut-turut adalah 20, 40, 60, 60 dan 20 mg/L. Konsentrasi optimum koagulan FeCl₃ pada masing-masing parameter COD, BOD, TSS, Cr dan pH berturut-turut adalah 60, 20, 60, 40, dan 40 mg/L. Kualitas limbah tekstil sablon setelah penambahan koagulan gel lidah buaya dan feri klorida dalam parameter COD dan logam berat kromium masih belum memenuhi baku mutu tetapi parameter BOD, TSS dan pH sudah memenuhi baku mutu.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, E. N., Muyibi, S. A., Salleh, H. M., Alam, M. Z., & Salleh, M. R. M. 2015. Production Of Natural Coagulant From Moringa Oleifera Seed For Application In Treatment Of Low Turbidity Water. *Journal of Water Resource and Protection*, 2(3): 259-266.
- Antari, N. P. B. W., dan Jannah, L. M. 2016. The role of Denpasar Government in supporting the resources of endek fabric creative industry. *BISNIS & BIROKRASI: Jurnal Ilmu Administrasi dan Organisasi*, 22(1): 16-35.
- Ayni, L. N., & Ningsih, E. 2021. Pengolahan limbah cair tekstil dengan menggunakan koagulan FeCl_3 . In *Prosiding SENASTITAN: Seminar Nasional Teknologi Industri Berkelanjutan*, 2021(March): 370-377.
- Duan, J., and Gregory, J. 2003. *Coagulation by hydrolysing metal salts*. Elsevier. Belanda.
- Faizal, M., Agustina, T. E., Aprianti, T., Teguh, D., Rifat, A. M., Putra, I. G., & Fitrializa, U. 2018. Pengolahan limbah logam berat kromium hexavalen menggunakan reagen fenton dan adsorben keramik zeolit. *Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan*, 13(1): 60-69.
- Hidayatullah, A., Masyurroh, A., dan Akbari, T. 2023. Efektivitas Koagulan Lidah buaya (*Aloe vera*) dan PAC (*Poly Aluminium Chloride*) dalam Menurunkan Kadar Pencemaran Pada Limbah Cair Batik. *Jurnal Lingkungan dan Sumberdaya Alam*, 6(1): 61-75.
- Jiang, J.Q. 2015. The role of coagulation in water treatment. *Current Opinion in Chemical Engineering*, 8: 36-44.
- Liu, P. C. 2019. Effect of FeCl_3 overdosage on wastewater flocculation. *Water Research*, 155: 12-23.
- Maharani, A., Prambudi, A. R., dan Udyani, K. 2020. Pengolahan air sumur di daerah Simolawang menggunakan metode koagulasi dengan koagulan *aloe vera*. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan*, 1(1): 315-322.
- Mujariah, M., Abram, P. H., & Jura, M. R. 2017. Penggunaan Gel Lidah Buaya (*Aloe Vera*) Sebagai Koagulan Alami Dalam Penjernihan Air Sumur Di Desa Sausu Tambu Kecamatan Sausu. *Jurnal Akademika Kimia*, 5(1): 16-22.
- Nurhasanah, A. 2020. Koagulasi-flokulasi sebagai teknologi pengolahan air limbah industri tekstil. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*, 12(1): 11-20.
- Nurhasni., Salimin, Z., & Nurifitriyani, I. 2018. Pengolahan limbah industri elektroplating dengan proses koagulasi flokulasi. *Jurnal Kimia Valensi*, 3(1): 41-47.
- Priyanto, E. 2018. Pemanfaatan lidah buaya sebagai koagulan alami dalam pengolahan limbah cair. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 19(2): 123-130.
- Rusydi, A. F., Suherman, D., dan Sumawijaya, N. 2017. Pengolahan air limbah tekstil melalui proses koagulasi-flokulasi dengan menggunakan lempung sebagai penyumbang partikel tersuspensi (Studi kasus: Banaran, Sukoharjo dan Lawean, Kerto Suro, Jawa Tengah). *Arena Tekstil*, 31(2): 105-114.
- Setiawan, R., Wibowo, T. 2020. Karakteristik limbah cair industri sablon dan upaya pengolahannya. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 18(2): 75-84.
- Shende, A. P., Ojha, N., Das, N. 2020. Application of *Aloe vera* mucilage as bioflocculant for the treatment of textile wastewater: Process optimization. *Water Science & Technology*, 82(11-12) : 2446-2459.