

EFEKTIVITAS KOAGULAN LIDAH BUAYA (*Aloe vera*) DAN PAC (*Poly Aluminium Chloride*) DALAM MENURUNKAN KADAR PENCEMAR PADA LIMBAH CAIR BATIK

(diterima 14 Januari 2023, diperbaiki 18 Januari 2023, disetujui 10 April 2023)

Agusti Hidayatullah^{1*}, Anis Masyruroh², Tauny Akbari³

¹PT IKPP Serang Mill, Banten

^{2,3}Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Banten Jaya
Kota Serang, Indonesia

email korespondensi*: aagustihidayatullah@gmail.com

Abstract. *The current development of the batik industry has not been accompanied by the processing of the resulting waste, which has an impact on environmental pollution. Batik wastewater treatment can be done by coagulation-flocculation method. This study aims to analyze the effectiveness of aloe vera and PAC coagulants in reducing BOD, COD, TSS, and color in batik wastewater. The research method used was experimental with samples examined, namely the liquid waste of the batik industry originating from the Banten Batik location. Sample testing used a jar test and the result was that the optimum dose of Aloe Vera coagulant in reducing levels of BOD, COD, TSS, and color in batik wastewater was 20 mL/L while the optimum dose of PAC coagulant was 40 mL/L. The results showed that the addition of aloe vera coagulant was significantly more effective in reducing BOD, COD, TSS, and color in batik wastewater compared to the addition of PAC.*

Keywords: *Batik wastewater; Coagulation; Flocculation; Coagulant; Aloe vera; PAC.*

Abstrak. *Perkembangan industri batik saat ini belum diiringi dengan pengolahan limbah yang dihasilkan sehingga berdampak pada pencemaran lingkungan. Pengolahan limbah cair batik dapat dilakukan dengan metode koagulasi-flokulasi. Penelitian ini bertujuan menganalisis efektivitas koagulan lidah buaya dan PAC dalam menurunkan BOD, COD, TSS, dan warna pada limbah cair batik. Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimental dengan sampel di teliti adalah limbah cair industri batik yang berasal dari lokasi Batik Banten. Pengujian sampel menggunakan jar test dan diperoleh hasil bahwa dosis optimum koagulan Lidah Buaya dalam menurunkan kadar BOD, COD, TSS, dan warna pada limbah cair batik adalah 20 mL/L sedangkan dosis optimum koagulan PAC adalah 40 mL/L. Hasil penelitian diperoleh bahwa penambahan koagulan lidah buaya secara signifikan terlihat lebih efektif dalam menurunkan BOD, COD, TSS, dan warna pada limbah cair batik dibandingkan dengan penambahan PAC.*

Kata kunci: *Limbah cair batik; Koagulasi; Flokulasi; Koagulan; Lidah buaya; PAC.*

© hak cipta dilindungi undang-undang

PENDAHULUAN

Limbah cair dari industri batik mengandung zat warna tekstil yang berpotensi mencemari lingkungan. Dampak lingkungan utama dalam industri tekstil disebabkan oleh pembuangan muatan limbah kimia dalam jumlah besar ke lingkungan. Secara umum limbah industri batik terdiri dari residu mori, sisa air pewarna, sisa lilin dan air pelorodan. (Apriyani, 2018). Selain itu, limbah cair batik memiliki karakteristik suhu, keasaman (pH), *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), serta *Total Suspended Solid* (TSS) yang tinggi (Rohasliney dan Subki, 2011).

Limbah industri batik merupakan limbah industri yang potensial berbahaya, karena karakteristiknya dapat membuat kondisi perairan menjadi keruh dengan adanya keberadaan zat pewarna dalam proses industri. Beberapa jenis zat warna sintesis yang sering digunakan dalam proses pembuatan batik adalah *naphthol*, *indanthrene*, *procion*, *direk* dan *indigosol*. Zat warna tersebut dapat ditemukan dengan mudah di pasaran (Fidiastuti dan Lathifah, 2018).

Untuk mengurangi pencemaran lingkungan yang diakibatkan oleh pembuangan limbah cair batik, diperlukan pengolahan air limbah. Pengolahan limbah cair dapat diklasifikasikan menjadi tiga metode, yaitu pengolahan fisik, kimia, biologi atau kombinasinya. Penerapan setiap metode tergantung pada karakteristik air limbah. Salah satu metode pengolahan air limbah adalah koagulasi-flokulasi. Koagulasi merupakan proses pencampuran bahan kimia (koagulan) dengan air limbah sehingga membentuk campuran homogen yang mudah mengendap.

Bahan koagulan yang sering digunakan antara lain tawas ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) dan *Poly Aluminium Chloride* (PAC), $\text{AlnCl}_{(3n-m)}(\text{OH})_m$. Selain koagulan kimia koagulan juga dapat berasal dari alam. Penggunaan koagulan bahan alam dilakukan sebisa mungkin untuk mengurangi penggunaan bahan sintetik yang menghasilkan efek samping dalam penggunaannya. Penggunaan koagulan bahan alam ini akan lebih murah dibandingkan dengan penggunaan koagulan sintetik yang biasa digunakan untuk pemurnian air (Idris, dkk., 2013). Salah satu koagulan alami adalah lidah buaya. Lidah buaya dapat digunakan sebagai koagulan alami karena mudah dalam budidayanya sekalipun di wilayah yang kering. Lidah buaya juga tidak beracun karena sudah terdapat banyak produk yang dihasilkan darinya (Maharani & Prambudi, 2020).

Lidah buaya berpotensi mengurangi kekeruhan karena mengandung karbohidrat kompleks dan gula yang dapat mengikat partikel dalam air. Dugaan ini didapat karena lidah buaya mengandung *mucilago* atau gel yang terdapat pada lidah buaya yang memiliki kemiripan dengan tanaman kaktus yang mengandung *mucilago* dan terbukti dapat menjernihkan air. (Pichler, dkk., 2012). Lidah buaya dapat digunakan sebagai bahan alami flokulan untuk pengolahan air. Untuk optimal dosis, persentase penurunan kekeruhan yang tinggi mencapai 72% dan untuk penurunan zat tersuspensi mencapai 92% (Irma, et al., 2015).

Mujariah dkk (2016) melakukan penelitian penggunaan gel lidah buaya sebagai koagulan alami dalam menjernihkan air sumur dan didapatkan bahwa gel lidah buaya dapat digunakan sebagai koagulan untuk mengurangi kekeruhan (*turbidity*) / TSS air dengan perbandingan optimum 0,3 mL gel lidah buaya dalam 500 mL sampel air. Hasil penelitian Ardilla (2021), didapatkan bahwa dosis optimum koagulan lidah buaya maupun PAC dalam menurunkan BOD, COD, TSS dan warna adalah 60 mL/L dengan persentase penurunan lebih dari 50%.

Ulyani dkk (2020) melakukan penelitian dengan menggunakan variasi dosis lidah buaya 80, 120 dan 160 mL/L dan variasi kecepatan pengadukan 30; 60 dan 90 rpm yang menghasilkan bahwa koagulan lidah buaya efektif pada dosis 160 mL/L dengan kecepatan pengadukan 60 rpm dalam mengurangi COD sebesar 61,90%, BOD sebesar 49,97% dan TSS sebesar 89,73%. Hasil yang sama juga dilakukan oleh January, dkk (2021), Ardilla (2021), dan Watalee (2021).

Figueiredo, et.al (2022) dan Prabhakar, et.al (2021) telah meneliti bahwa lidah buaya dapat digunakan sebagai biokoagulan pada tahap *pre-treatment* pengolahan limbah cair tekstil. Namun, penelitian ini masih perlu dikembangkan lebih lanjut, khususnya pada limbah cair batik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektifitas koagulan lidah buaya dan PAC dalam menurunkan kadar BOD, COD, TSS dan warna pada limbah cair batik. Selain itu, pada penelitian ini dilakukan perbandingan biaya pengolahan air limbah dengan menggunakan koagulan lidah buaya maupun PAC.

METODE

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimental. Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan Universitas Banten Jaya pada bulan Mei

2022 s/d September 2022. Sampel yang di teliti adalah sampel air limbah industri batik yang berasal dari lokasi batik Banten di Kp. Kubil Kel. Cipocok Jaya Kota Serang. Penelitian ini menggunakan 3 dosis dalam perlakuan, yaitu dosis 20 mL/L, 40 mL/L, dan 60 mL/L. Parameter yang diuji adalah kadar BOD, COD, TSS, dan warna dengan pemberian koagulan lidah buaya dan koagulan PAC. Pengujian kadar pencemar limbah cair dilakukan Laboratorium Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan Provinsi Banten.

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 kedalam air limbah batik dengan dosis yang berbeda yaitu sebanyak 20 mL/L, 40 mL/L, 60 mL/L. Setelah proses jar test selesai, kemudian flok yang sudah terbentuk dibiarkan mengendap selama 30 menit. Kemudian keluarkan sejumlah cairan supernatan yang sesuai sebagai contoh uji untuk penentuan BOD, COD, TSS dan Warna.

Alat dan Bahan

Bahan-bahan yang digunakan adalah limbah cair batik, Lidah Buaya, PAC, aquades, serbuk HgSO_4 (merkuri sulfat), $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 0,25 N (kalium dikromat), asam sulfat-perak sulfat, ferroin, larutan FAS. Sedangkan alat yang digunakan adalah botol plastik, jar test, spektrofotometer, kuvet, labu ukur 50 mL, 100 mL, 200 mL, 500 mL, dan 1000 mL, kertas saring ukuran 0,45 mikronmeter, buret, erlenmeyer, pipet, pendingin liebig, *hot plate* atau pemanas listrik, gelas beker, magnetik stirrer, blender, oven, timbangan analitik dan gelas ukur.

Komposisi Bahan Koagulan dan Jumlah Koagulan

Penelitian ini bertujuan untuk mencari dosis koagulan yang optimal dalam menurunkan pencemar pada limbah cair batik Adapun komposisi bahan koagulan dan dosis koagulan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan Bahan Koagulan

Jenis Koagulan	Bahan Koagulan	Perbandingan Koagulan	Jumlah Koagulan (mL/L)
Gel Lidah Buaya	Lidah Buaya 100%	3 : 2 : 1	60, 40, 20
PAC	PAC 10%	3 : 2 : 1	60, 40, 20

Analisis Data

Sampel diuji parameter BOD, COD, TSS, dan warna sesuai dengan SNI:

1. Pengujian BOD (SNI 6989.72.2009),
2. Pengujian COD dengan titrasi (SNI 6989.15:2019),
3. Pengujian TSS dengan gravimetri (SNI 6989.3:2019),
4. Pengujian warna secara spektrofotometri (SNI 6989.80:2011).

Efisiensi penurunan BOD, COD, TSS, dan warna dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Efisiensi Penyisihan} = \frac{(P_0 - P_1)}{P_0} \times 100\% \dots (\text{Ardilla, 2021})$$

Keterangan:

P₀ = Kadar parameter awal sampel (Sebelum perlakuan)

P₁ = Kadar parameter akhir sampel (Setelah perlakuan)

Biaya penggunaan koagulan dalam sehari dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\text{Biaya} \left(\frac{\text{Rp}}{\text{hari}} \right) = \text{Debit} \left(\frac{\text{L}}{\text{hari}} \right) \times \text{Dosis Koagulan} \left(\frac{\text{mL}}{\text{L}} \right) \times \text{Biaya Koagulan} \left(\frac{\text{Rp}}{\text{kg}} \right)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik awal limbah cair batik memiliki pH 7,35 sesuai dengan baku mutu limbah cair tekstil, hasil uji warna sebesar 1860 Pt.Co., COD sebesar 521,50 mg/L, BOD 281,29, TSS 96,31 mg/L tidak memenuhi baku mutu lingkungan. Sehingga limbah cair tersebut perlu dilakukan pengolahan sebelum dibuang ke lingkungan.

Tabel 2. Hasil Uji Karakteristik Awal Limbah Cair Batik

No	Parameter	Nilai
1	BOD (mg/L)	281,29
2	COD (mg/L)	521,50
3	TSS (mg/L)	96,31
4	Warna (Pt.Co)	1860

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa penambahan koagulan lidah buaya maupun PAC pada air limbah banyak membentuk flok. Lidah buaya adalah koagulan alami yang efektif dalam membuat magnafloc (Adugna dan Gebresilasie, 2018). Flok yang terbentuk dengan penambahan koagulan lidah buaya terjadi karena koagulan lidah buaya mengandung *mucilago*.



Gambar 1. Proses Koagulasi-Flokulasi dengan Jar Test

Perbandingan Nilai BOD pada Penggunaan Koagulan Lidah Buaya dan Koagulan PAC

Berdasarkan hasil uji nilai BOD awal sebelum perlakuan dengan jartest dan sebelum penambahan koagulan adalah 281,29 mg/L. Hasil BOD cenderung turun.

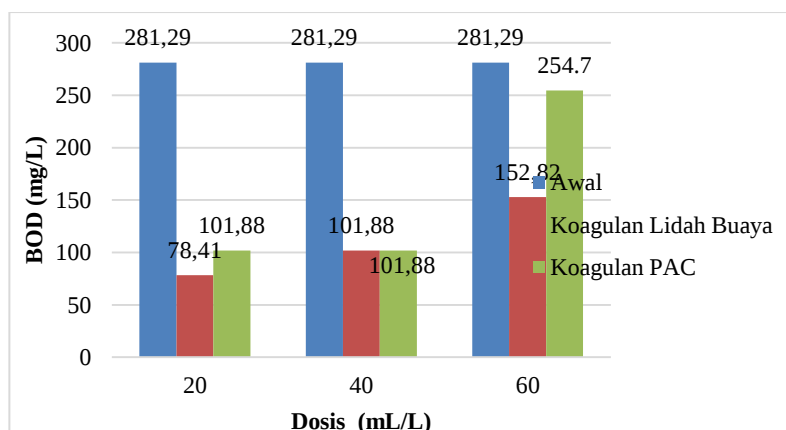
Tabel 4. Parameter BOD Setelah dilakukan Koagulasi-Flokulasi

BOD Awal (mg/L)	Dosis (mL/L)	BOD (mg/L)		Baku Mutu
		Koagulan Lidah Buaya	Koagulan PAC	
281,29	20	78,41	101,88	60
	40	101,88	101,88	
	60	152,82	254,7	

Persentase penurunan BOD tertinggi terjadi pada penambahan koagulan Lidah Buaya pada dosis 20 mL/L yaitu 72,12%, sedangkan pada penambahan koagulan PAC penurunan tertinggi pada dosis 20 mL/L dan 40 mL/L yaitu 63,78%. Penurunan BOD terendah pada dosis 60 mL/L pada penambahan koagulan Lidah Buaya penurunan sebesar 45,67% dan koagulan PAC sebesar 9,45%.

Tabel 5. Efisiensi Penurunan BOD Limbah Cair Batik Setelah Perlakuan

Dosis (mL/L)	BOD (mg/L)	
	Koagulan Lidah Buaya	Koagulan PAC
20	72,12%	63,78%
40	63,78%	63,78%
60	45,67%	9,45%



Gambar 2. Perbandingan BOD pada Penggunaan Koagulan Lidah Buaya dan Koagulan PAC

Hal ini menunjukkan bahwa dosis koagulan sangat menentukan efektifitas penurunan BOD sehingga sangat diperlukan dosis optimum koagulan. Hal ini karena pada konsentrasi optimum koloid telah dinetralkan dan mengendap, sehingga pemberian koagulan yang berlebihan akan menyebabkan air limbah menjadi keruh kembali karena sudah tidak dapat berinteraksi dengan partikel koloid yang berbeda muatan. Selain itu nilai BOD dipengaruhi suspended solid dan zat organik yang ada dalam air limbah (Bramantyo & Mustofa, 2014).

Pada penelitian ini kedua koagulan dapat menurunkan BOD. Koagulan lidah buaya lebih efektif dalam menurunkan BOD dengan dosis 20 mL/L. Pada lidah buaya mengandung *acetylated mannan (acemannan)* yang merupakan polisakarida. *Acetylated mannan* inilah yang mampu mengolah zat-zat pencemar air limbah. Pencemar dalam air limbah terikat dengan polisakarida sehingga mudah untuk mengendap. Analisa karbohidrat menunjukkan bahwa dinding sel lidah buaya memiliki *mannose* yang mengandung polisakarida. Banyak peneliti telah mengidentifikasi *acetylated mannan (acemannan)* sebagai polisakarida utama dalam gel lidah buaya. *Mannans* memainkan peran struktural pada tumbuhan sebagai hemiselulosa yang mengikat selulosa. *Mannans* juga memenuhi fungsi penyimpanan sebagai cadangan karbohidrat non-pati dalam biji dan jaringan vegetatif (Puspitasari dkk, 2018).

Perbandingan Nilai COD pada Penggunaan Koagulan Lidah Buaya dan Koagulan PAC

Pada tabel 6 merupakan hasil COD limbah cair yang sudah dilakukan koagulasi dan flokulasi. Hasil tabel 6 menunjukkan bahwa penggunaan koagulan lidah buaya

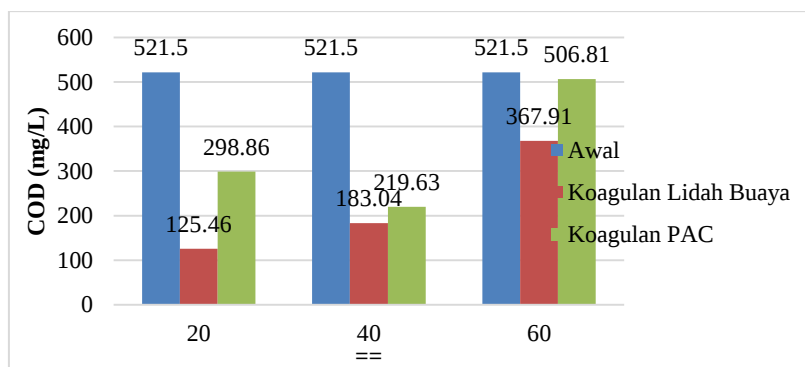
terbukti dapat menurunkan nilai COD pada limbah cair dengan hasil COD limbah cair pada rentang 125,46-367,91 mg/L. Sedangkan nilai COD limbah cair hasil penggunaan koagulan PAC pada rentang 219,63- 506,81 mg/L. Dosis 20 mL/L koagulan Lidah Buaya menghasilkan COD 125,46 mg/L yang sudah memenuhi baku mutu Peraturan Kementerian Lingkungan Hidup (PermenLH) RI Nomor 5 Tahun 2014.

Tabel 6. Parameter COD Setelah dilakukan Koagulasi-Flokulasi

COD Awal (mg/L)	Dosis (mL/L)	COD (mg/L)		Baku Mutu
		Koagulan Lidah Buaya	Koagulan PAC	
521,5	20	125,46	298,86	150
	40	183,04	219,63	
	60	367,91	506,81	

Tabel 7. Efisiensi Penurunan COD Limbah Cair Batik Setelah Perlakuan

Dosis (mL/L)	COD (mg/L)	
	Koagulan Lidah Buaya	Koagulan PAC
20	75,94%	42,69%
40	64,90%	57,88%
60	70,55%	2,82%



Gambar 3. Perbandingan COD pada Penggunaan Koagulan Lidah Buaya dan Koagulan PAC

Efisiensi penurunan COD tertinggi terjadi pada dosis koagulan lidah buaya sebanyak 20 mL/L yaitu 75,94%. Sedangkan pada penggunaan koagulan PAC efektifitas penurunan COD tertinggi pada dosis koagulan PAC sebanyak 40 mL/L. Efektifitas terendah kogulan lidah buaya terlihat pada dosis sebanyak 40 mL/L. Sedangkan efektifitas terendah dengan penggunaan koagulan PAC terjadi pada dosis sebanyak 60 mL/L. Dosis optimum pada koagulan lidah buaya adalah 20 mL/L.

Dosis koagulan merupakan salah satu faktor penting yang telah dipertimbangkan untuk menentukan kondisi optimum dari koagulan dalam proses koagulasi-flokulasi. Hal ini dikarenakan kelebihan atau kekurangan dosis akan menyebabkan hasil yang kurang baik dalam proses koagulasi-flokulasi (Radzuan dkk, 2017). Penambahan koagulan yang berlebihan juga dapat menaikkan nilai COD sehingga diperlukan dosis koagulan yang optimal (Lamsaputra dkk, 2021).

Perbandingan Nilai TSS pada Penggunaan Koagulan Lidah Buaya dan Koagulan PAC

Hasil uji parameter TSS menunjukkan nilai TSS mengalami penurunan dari 96,30 mg/L menjadi rentang 43,50-50,00 mg/L dengan penambahan koagulan lidah buaya dan 64,50-89 dengan penambahan koagulan PAC 10%.

Tabel 8. Parameter TSS Setelah dilakukan Koagulasi-Flokulasi

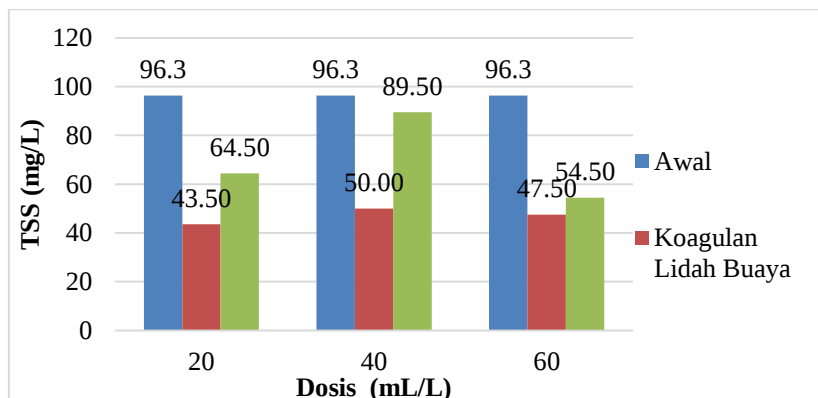
TSS Awal (mg/L)	Dosis (mL/L)	TSS (mg/L)		Baku Mutu
		Koagulan Lidah Buaya	Koagulan PAC	
96,30	20	43,50	64,50	50
	40	50,00	89,50	
	60	47,50	54,50	

Penurunan TSS tertinggi pada penambahan lidah buaya dosis 20 mL/L yaitu sebesar 54,83%. Sedangkan pada penambahan koagulan PAC efektifitas tertinggi pada penambahan koagulan PAC pada dosis 60 mL/L. Hal ini menunjukan bahwa penggunaan koagulan lidah buaya dan PAC dapat menurunkan TSS pada limbah cair batik. Namun, penggunaan koagulan lidah buaya lebih efektif dalam menurunkan limbah cair batik.

Hal ini disebabkan karena lidah buaya (*aloe vera*) mengandung karbohidrat kompleks dan gula yang dapat mengikat partikel-partikel di dalam air (Ardila, 2021). Selain itu, Senyawa asam galakturonat yang terdapat dalam lendir lidah buaya mengikat partikel-partikel di dalam air sehingga membentuk flok-flok. Adsorpsi adalah mekanisme koagulasinya dan penggabungan dimana partikel yang tidak bersentuhan satu sama lain tetapi terikat pada senyawa asam poligalakturonat (Prabandaru, 2018).

Tabel 9. Efisiensi Penurunan TSS Limbah Cair Batik Setelah Perlakuan

Dosis (mL/L)	TSS (mg/L)	
	Koagulan Lidah Buaya	Koagulan PAC
20	54,83%	33,03%
40	48,08%	7,07%
60	50,68%	43,41%



Gambar 4. Perbandingan TSS pada Penggunaan Koagulan Lidah Buaya dan Koagulan PAC

Perbandingan Nilai Warna pada Penggunaan Koagulan Lidah Buaya dan Koagulan PAC

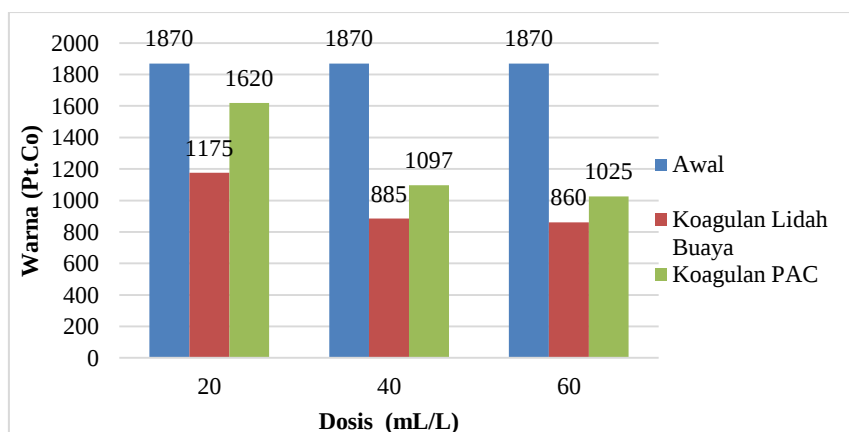
Parameter warna limbah cair batik mengalami penurunan setelah perlakuan dengan penambahan koagulan Lidah Buaya ataupun koagulan PAC.

Tabel 10. Parameter Warna Setelah dilakukan Koagulasi-Flokulasi

TSS Awal (mg/L)	Dosis (mL/L)	Warna (Pt.Co)		Baku Mutu
		Koagulan Lidah Buaya	Koagulan PAC	
1870	20	1175,00	1620,00	-
	40	885,00	1097,00	
	60	860,00	1025,00	

Tabel 11. Efisiensi Penurunan Warna Limbah Cair Batik Setelah Perlakuan

Dosis (mL/L)	Warna (Pt.Co)	
	Koagulan Lidah Buaya	Koagulan PAC
20	37,72%	13,34%
40	52,67%	41,33%
60	54,01%	45,19%



Gambar 5. Perbandingan Warna Limbah Cair

Persentase penurunan parameter warna pada limbah cair batik setelah perlakuan dengan koagulan lidah buaya tertinggi pada dosis 60 mL/L yakni 54,01% dan terendah pada dosis 20 mL/L yakni 37,72%. Sementara itu, persentase penurunan dengan perlakuan koagulan PAC tertinggi pada dosis 45,19% dan penurunan terendah pada dosis koagulan 20 mL/L yakni 13,34%. Kedua koagulan dapat menurunkan kadar warna pada air limbah batik. Namun, koagulan lidah buaya lebih efektif dalam menurunkan kadar warna pada air limbah.

Uji Statistik Hipotesis, Korelasi dan Determinasi dengan SPSS

Berdasarkan uji *One Way Anova* diperoleh nilai signifikansi (Sig.) adalah $0,000 < 0,05$ dan nilai $F_{hitung} (25,981) < F_{tabel} (8,85)$ sehingga H_a diterima. Artinya, terdapat perbedaan signifikan hasil BOD, COD, TSS dan warna dengan perbandingan dosis koagulan pada limbah cair batik setelah pemberian koagulan lidah buaya dan PAC dengan dosis 20 mL/L, 40 mL/L, dan 60 mL/L.

Berdasarkan uji yang dilakukan, pemberian dosis koagulan Lidah Buaya sebanyak 20 mL/L dan PAC sebanyak 40 mL/L paling efektif dalam mengurangi kadar BOD, COD, TSS, dan warna pada limbah cair batik. Penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan koagulan lidah buaya secara signifikan terlihat lebih efektif dalam menurunkan BOD, COD, TSS, dan warna pada limbah cair batik dibandingkan dengan penambahan PAC.

Perhitungan Biaya Penggunaan Koagulan Lidah Buaya dengan Koagulan PAC

1. Koagulan Lidah Buaya

Debit air limbah : 10.000 L/hari

Harga lidah buaya Per kg : Rp. 8.500,-

Dosis optimum : 20 mL

Pemakaian koagulan lidah buaya dalam kg/hari (X)

$$\begin{aligned} X &= 10.000 \frac{L}{hari} \times 20 \text{ mL/L} \\ &= 200.000 \text{ mL/hari} \\ &= 200 \text{ kg/hari gel lidah buaya} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya penggunaan lidah buaya per hari} &= 200 \text{ kg/hari} \times \text{Rp. 8.500/kg} \\ &= \text{Rp. 1.700.000,- /hari} \end{aligned}$$

2. Koagulan PAC

Debit air limbah = 10.000 L/hari

PAC yang dipakai dalam penelitian ini adalah PAC konsentrasi 10%

Dosis optimum = 40 mL/L $\times$ 10% = 4 mL/L

Harga PAC per kg = Rp. 20.000.-

Pemakaian koagulan PAC dalam kg/hari

$$\begin{aligned} X &= 10.000 \frac{L}{hari} \times 4 \text{ mL/L} \\ &= 40.000 \text{ mL/hari} \\ &= 40 \text{ kg/hari PAC Bubuk} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya penggunaan PAC per hari} &= 40 \text{ kg/hari} \times \text{Rp. 20.000/kg} \\ &= \text{Rp. 800.000,- /hari} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan biaya, penggunaan koagulan PAC (Rp. 800.000,- /hari) lebih ekonomis dibandingkan dengan koagulan lidah buaya (Rp. 1.700.000,- /hari).

KESIMPULAN

Penurunan karakteristik parameter limbah cair yakni BOD, COD, TSS, dan warna menunjukan bahwa hasil pengolahan limbah cair secara koagulasi-flokulasi dengan koagulan lidah buaya memiliki efektifitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan PAC, terutama pada warna menghasilkan air yang lebih jernih dibandingkan dengan penggunaan koagulan PAC. Dosis optimum dari koagulan lidah buaya dalam

menurunkan BOD yaitu 20 ml/L, COD yaitu 20 ml/L, TSS yaitu 20 ml/L dan warna yaitu 60 ml/L. Sedangkan dosis optimum dari koagulan PAC dalam menurunkan BOD yaitu 20 ml/L, COD yaitu 40 ml/L, TSS yaitu 40 ml/l dan warna yaitu 60 ml/L. Dapat disimpulkan bahwa dosis optimum koagulan lidah buaya adalah 20 mL/L sedangkan dosis optimum koagulan PAC adalah 40 mL.

Berdasarkan perhitungan biaya penggunaan koagulan PAC lebih ekonomis dibandingkan dengan koagulan lidah buaya. Lidah buaya merupakan materi organik yang dapat mempengaruhi kadar organik dalam limbah. Namun di samping itu, koagulan organik lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan koagulan kimia.

DAFTAR PUSTAKA

- Adugna, A. T., & Gebresilasie, N. M. (2018). Aloe steudneri gel as natural flocculant for textile wastewater treatment. *Water Practice & Technology*, 13(3), 495-504.
- Apriyani, N. (2018). Industri batik: kandungan limbah cair dan metode pengolahannya. *Media Ilmiah Teknik Lingkungan (MITL)*, 3(1), 21-29.
- Ardilla, F. F. (2021). Perbandingan Kemampuan Lidah Buaya (*Aloe vera*) dengan *Poly Aluminium Chloride* (PAC) sebagai Koagulan dalam Menurunkan BOD, COD, TSS dan warna pada Limbah Cair Industri Kopi (*Doctoral dissertation*, UIN Sunan Ampel Surabaya).
- Bramantyo, A. E., & Mustofa, A. (2014). Pembuatan Bio Koagulan dari Biji Kelor (*Moringa Oleifera*) sebagai Pengganti Koagulan Sintetis (Tawas). (Tugas Akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya).
- Fidiastuti, H. R., & Lathifah, A. S. (2018). Uji Karakteristik Limbah Cair Industri Batik Tulungagung: Penelitian Pendahuluan. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Biologi dan Saintek Ke-3*.
- Figueiredo, F. F., de Souza Freitas, T. K. F., Dias, G. G., Geraldino, H. C. L., Scandelay, A. P. J., Vilvert, A. J., & Garcia, J. C. (2022). Textile-effluent treatment using Aloe vera mucilage as a natural coagulant prior to a photo-Fenton reaction. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 429, 113948.
- Idris, J., Som, A. M., Musa, M., & Hamid, K. H. K. (2013). Dragon fruit foliage plant-based coagulant for treatment of concentrated latex effluent: Comparison of treatment with ferric sulfate. *Journal Of Chemistry*, 2013, 1-7.
- January, E., Putra, H. S. C., & Zairinayati, Z. (2021). Penggunaan Lidah Buaya (*Aloe Vera*) Sebagai Koagulan Alami untuk Menurunkan Kekeruhan Air. *Ruwa Jurai: Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 15(1), 23-27.

- Lamsaputra, V. A., Suharto, I. B., & Wirosodarmo, I. R. (2021). Studi Penggunaan Lidah Buaya (*Aloe vera*) sebagai Koagulan Alami dalam Proses Pengolahan Air Limbah Rumah Tangga dengan Metode Koagulasi-Flokulasi (*Doctoral dissertation*, Universitas Brawijaya).
- Maharani, A., Prambudi, A. R., & Udyani, K. (2020, September). Pengolahan air sumur di daerah Simolawang menggunakan metode koagulasi dengan koagulan *aloe vera*. In *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan* (Vol. 1, No. 1, pp. 315-322).
- Mujariah, P. H. A., & Jura, M. R. (2016). Penggunaan Gel Lidah Buaya (*Aloe Vera*) Sebagai Koagulan Alami Dalam Penjernihan Air Sumur Di Desa Sausu Tambu Kecamatan Sausu. *J. Akademika Kim*, 5(1), 16-22.
- Pichler, T., Young, K., & Alcantar, N. (2012). Eliminating turbidity in drinking water using the mucilage of a common cactus. *Water Science and Technology: Water Supply*, 12(2), 179-186.
- Prabhakar, S. A., Ojha, N., & Das, N. (2020). Application of Aloe vera mucilage as bioflocculant for the treatment of textile wastewater: process optimization. *Water Science and Technology*, 82(11), 2446-2459.
- Prabandaru, T. (2018). Efektivitas Lidah Buaya Sebagai Koagulan Alami untuk Penjernihan Air Limbah Rumah Tangga (*Doctoral dissertation*, Universitas Muhammadiyah Semarang).
- Radzuan, R. M., Mohamed, R. S., AA, A.-G., & Kassim, A. H. (2017). Application of Natural Coagulants for Wastewater Treatment. *Integrated Water Resources Protection*, 1, 60-73.
- Rohasliney, H., & Subki, N. S. (2011). A Preliminary Study on Batik Effluent in Kelantan State: A Water Quality Perspectiv. In *International Conference on Chemical, Biological, and Environment Science* (pp. 274-276).
- Theodoro, J. D. P., Lenz, G. F., Zara, R. F., & Bergamasco, R. (2013). Coagulants and natural polymers: perspectives for the treatment of water. *Plastic and Polymer Technology (PAPT)*, 2, 179-186.
- Ulyani, S. Daud S. dan Asmura, J. (2020). Penyisihan COD, BOD dan TSS Pada Limbah Cair Tahu Secara Koagulasi-Flokulasi dengan Variasi Dosis Biokoagulan Lidah Buaya dan Kecepatan Pengadukan. *Jurnal Teknik Lingkungan*. Volume 7 Edisi 2.
- Watalee, Yulefni. (2021). Koagulasi Logam Berat Kromium (Cr) dan Mangan (Mn) Menggunakan Gel Lidah Buaya (*Aloe Vera*). (Skripsi, Universitas Tadulako Palu).

Peraturan Perundang-undangan

Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air.

SNI 19-6449-2000 Tentang Metoda Jar Test.

SNI 6989-11-2019 Cara Uji Derajat Keasaman (pH) menggunakan pH Meter

SNI 6989-3-2019 Tentang Cara Uji Padatan Tersuspensi Total (*Total Suspended Solid/TSS*) Secara Gravimetri.

SNI 6989-59-2008 Tentang Metoda Pengambilan Contoh Air Limbah.

SNI 6989-72-2009 Tentang Cara Uji Kebutuhan Oksigen BOD.

SNI 6989-80-2011. Air dan air limbah – Bagian 80: Cara uji warna secara spektrofotometri.