

Penurunan Parameter Pencemar Limbah Cair Industri Tekstil Secara Koagulasi Flokulasi (Studi Kasus: IPAL Kampung Batik Laweyan, Surakarta, Jawa Tengah, Indonesia)

Elvis Umbu Lolo^{1*}, Yonathan Suryo Pambudi²

^{1,2}Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Surakarta

*Koresponden email : eumbulolo@yahoo.co.id

Diterima: 14 April 2020

Disetujui: 12 Mei 2020

Abstract

The batik home industry of Kampung Laweyan, Surakarta City did not make efforts to prevent environmental pollution from the wastewater produced. Waste water is discharged into the Jenes river, so that the river becomes polluted and contributes to the pollution of the Bengawan Solo River Basin. The study was conducted at the Environmental Laboratory, Environmental Engineering Study Program, Faculty of Engineering, Surakarta Christian University by conducting the coagulation process of flocculation with the jar test. This study uses variations and dosages of the type of FeSO₄ and PAC coagulants with levels of 5% each for 100 ml / sec waste discharge. The results of the research are that before the waste is processed by the coagulation process, the value of BOD = 660.28 mg / l and COD = 1600. After the coagulation process, the efficiency of each type of coagulant is with FeSO₄, BOD = 85.63% and COD = 82.67 %. With PAC coagulant, BOD = 90.21%, COD = 88.97%. This shows that the ability of PAC to reduce pollutant parameters is greater than ferrous sulfate.

Keywords: *Kampung Laweyan, batik, Textile wastewater, coagulation flocculation, waste processing*

Abstrak

Industri batik rumahan Kampung Laweyan, Kota Surakarta tidak melakukan upaya pencegahan pencemaran lingkungan dari air limbah yang dihasilkan. Air limbah dibuang ke sungai Jenes, sehingga sungai menjadi tercemar dan menjadi penyumbang tercemarnya DAS Bengawan Solo. Penelitian dilakukan di Laboratorium Lingkungan, Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Surakarta dengan melakukan proses koagulasi flokulasi dengan alat jar test. Penelitian ini menggunakan variasi dan dosis jenis koagulan FeSO₄ dan PAC dengan kadar masing-masing 5% untuk debit limbah 100 ml/detik. Hasil penelitian adalah sebelum limbah diolah dengan proses koagulasi flokulasi nilai BOD = 660,28 mg/l dan COD = 1600. Setelah proses koagulasi flokulasi efisiensi masing-masing jenis koagulan adalah dengan FeSO₄, BOD=85,63% dan COD=82,67%. Dengan koagulan PAC, BOD=90,21%, COD=88,97%. Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan PAC untuk menurunkan parameter pencemar lebih besar dari ferro sulfat.

Kata kunci: *Kampung Laweyan, batik, Air limbah tekstil, flokulasi koagulasi, pengolahan limbah*

1. Pendahuluan

Pencemaran air akibat limbah industri tekstil merupakan masalah yang sering terjadi di negara-negara berkembang dunia, salah satunya Indonesia. Jika dibandingkan dengan negara-negara di Asia Tenggara lainnya, Indonesia merupakan negara dengan beban air limbah industri tekstil terbesar. Beban air limbah organik yang dihasilkan di Indonesia adalah sebesar 883 ton/hari, yang mana 29% dari beban ini berasal dari industri tekstil. Industri tekstil biasanya menghasilkan limbah cair yang berwarna pekat serta mengandung BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), COD (*Chemical Oxygen Demand*), pH, temperatur, turbiditas, salinitas, dan bahan kimia toksik yang tinggi dan berfluktuasi [1].

Salah satu kawasan industri batik di Kota Surakarta adalah Kampung Batik Laweyan. Daerah ini memiliki banyak industri batik skala rumah tangga akan tetapi secara individu tidak mempunyai sistem pengolahan limbah cair yang baik, dimana air limbah yang dihasilkan selain langsung dialirkan ke sungai Jenes, sebagian juga diolah pada sistem pengolahan yang dibangun pada tahun 2008. Akan tetapi sistem

pengolahan IPAL ini belum maksimal mengolah air limbah batik karena tidak menggunakan proses koagulasi flokulasi. Hal ini dapat dilihat pada kualitas air limbah yang dihasilkan memiliki warna sintetis dan nilai COD tinggi (1600 mg/l) dan BOD= 660,28 mg/l sehingga mencemari air tanah dangkal dan sungai di sekitarnya khususnya Kali Jenes. Perlu upaya agar air limbah diolah dengan baik sehingga ketika air limbahnya dibuang telah sesuai dengan standard baku mutu pemerintah Kota Surakarta.

Definisi air limbah menurut titik asalnya sebagai campuran cairan hasil limbah rumah tangga (permukiman), instansi perusahaan, pertokoan, dan industri dengan air tanah, air permukaan, dan air hujan [2]. Dari definisi ini menunjukkan bahwa ketika air limbah industri batik yang mengandung zat warna sintetis dan detergen bercampur dengan sumber air limbah lainnya yang akan mencemari tanah dan air tanah.

Pada proses pewarnaan batik, zat warna yang paling banyak digunakan pada industri batik antara lain zat warna turunan *benzonaphthalene*, zat warna turunan *azonaphthalene*, zat warna langsung (alami) dan zat warna reaktif. Berdasarkan struktur kimianya zat warna dibagi menjadi bermacam-macam, antara lain: zat warna nitroso, nitro, azo, stilben, difenil metana, trifenil metana, akridin, kinolin, indigoida, aminokinon, anin dan indofenol. Namun, secara garis besar zat warna digolongkan menjadi dua golongan yaitu zat warna alami dan zat warna sintetis. Salah satu contoh struktur zat warna yang digunakan industri tekstil adalah *remazol black*, *red* dan *golden yellow* [3]. Dari hasil uji laboratorium diatas nilai BOD dan COD air limbah Kampung Batik Laweyan telah melampaui nilai baku mutu air limbah industri tekstil sesuai dengan peraturan Daerah Propinsi Jawa Tengah No 5 Tahun 2012 tentang Baku Air limbah, yaitu nilai BOD=60 mg/l, COD=150 mg/l [4].

Kampung Batik Laweyan terus diupayakan menjadi daerah dengan label *Eco Cultural Creative Batik* untuk mendukung upaya pemerintah kota Surakarta untuk mewujudkan kota Solo sebagai kota *Eco Cultural City*. *Eco Cultural City* adalah sebuah konsep pengembangan kota yang menggabungkan nuansa budaya yang ramah lingkungan [5]. Konsep ini untuk mendukung upaya pemerintah Indonesia dalam mewujudkan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan /SDGs (*Sustainable Development Goals*) PBB sebagai agenda pembangunan. SDGs adalah kesepakatan pembangunan baru yang mendorong perubahan-perubahan yang bergeser ke arah pembangunan berkelanjutan yang berdasarkan hak asasi manusia dan kesetaraan untuk mendorong pembangunan sosial, ekonomi dan lingkungan hidup. Pembangunan Lingkungan SDGs adalah tercapainya pengelolaan sumberdaya alam dan lingkungan yang berkelanjutan sebagai penyangga seluruh kehidupan [6].

Hal ini yang menyebabkan penulis ingin melakukan penelitian untuk mencari alternatif pengolahan yang sesuai dengan kondisi air limbah Kampung Batik Laweyan. Usulan pengolahan yang baik adalah dengan proses koagulasi karena dengan tahap ini maka polutan sintetis yang sulit diolah akan mudah dikurangi sehingga ketika selesai proses pengolahan air limbahnya telah sesuai dengan standar baku mutu lingkungan yang ditetapkan oleh pemerintah kota Surakarta. Koagulasi adalah proses pengadukan cepat untuk mencampurkan koagulan dengan partikel koloid, guna mendestabilisasikan partikel koloid sehingga membentuk mikroflok sedangkan flokulasi adalah proses pengadukan lambat untuk menggabungkan mikroflok menjadi makroflok yang dapat mengendap secara gravitasi [7]. Dalam proses koagulasi flokulasi ini akan diteliti koagulan mana yang lebih efisien dalam pengolahan air limbah industri tekstil Kampung Batik Laweyan, apakah koagulan PAC atau FeSO_4 , sehingga dalam perencanaan ulang konstruksi IPAL Laweyan dapat dipakai koagulan yang cocok dengan karakteristik air limbah industri batik Laweyan.

Adapun parameter yang akan diteliti adalah parameter *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) karena kedua parameter ini yang menunjukkan kandungan total bahan organik sintetis dalam air limbah industri batik Kampung Laweyan. Limbah yang dihasilkan dari proses pembuatan batik berwarna hitam pekat seperti terlihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Air limbah di Kampung Batik Laweyan, berwarna hitam pekat

2. Metodologi Penelitian

Penentuan Lokasi Pengambilan Sampel

Lokasi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Kampung Batik Laweyan terletak di JL Dr.Rajiman, Laweyan, Kota Surakarta (belakang Kantor Kelurahan Laweyan). Lokasi pengambilan sampel sudah ditentukan yaitu pada bak equalising sebelum instalasi pengolahan, sesuai dengan standard Nasional Indonesia (SNI), yang menentukan bahwa salah satu lokasi titik pengambilan sampel dilakukan pada titik sebelum instalasi pengolahan [8]. Air limbah diambil sebanyak 1 liter untuk analisa awal dengan wadah yang sebelumnya sudah dibilas dengan air limbah secara hati-hati.



Gambar 2. Titik pengambilan sampel di bak equalising IPAL Kampung Batik Laweyan Solo

Penyiapan Bahan Koagulan

Koagulan yang digunakan penelitian ini adalah koagulan *Poly Aluminium Chlorida* (PAC) dan Ferro Sulfat dengan rumus kimia $Al_n(OH)_mCl(3n-m)x$. PAC merupakan koagulan anorganik yang tersusun dari polimer makromolekul yang mempunyai sifat-sifat sebagai berikut: tingkat adsorpsi yang kuat, mempunyai kekuatan lekat, pembentukan flok-flok yang tinggi dengan dosis kecil dan tingkat sedimentasi cepat. Keunggulan lainnya adalah cakupan penggunaan yang luas [9].

Ferro sulfat dengan rumus kimia $Fe_2(SO_4)10.H_2O$ dikenal juga dengan nama *Copper* adalah salah satu koagulan yang sering dipergunakan dalam pengolahan limbah cair industri. Kombinasi Ferro Sulfat dan kapur sangat efisien digunakan sebagai koagulan dalam proses pengolahan air limbah untuk pH tinggi [10]

Langkah Kerja

- Disiapkan Jar test dan 6 buah gelas beker ukuran 1000 ml
- Dimasukkan 1000 ml air limbah ke dalam masing-masing gelas beker yang sebelumnya sudah diatur pH yaitu 8 dengan menggunakan H_2SO_4
- Dimasukkan bahan koagulan dengan jenis dan dosis yang bervariasi yaitu 10 ml, 20 ml, 30 ml, 40 ml, dan 50 ml.
- Diaduk cepat dengan kecepatan 100 rpm selama 1 menit
- Diaduk lambat dengan kecepatan 40 rpm selama 20 rpm
- Sampel didiamkan selama 30 menit, setelah itu diambil supernatannya untuk dianalisa parameternya yaitu BOD dan COD [11].
- Membuat larutan PAC 5% yaitu menimbang 10,512 gr PAC dan dilarutkan dalam 100 ml aquadest.
- Membuat larutan Fe_2SO_4 5% yaitu menimbang 8,33 gr Fe_2SO_4 dan dilarutkan dalam 100 ml aquadest.

Peralatan penelitian dapat dilihat pada **Gambar 3**. Setelah diperoleh data dari penelitian tersebut maka dapat dihitung efisiensi penurunan parameter pencemar air buangan yaitu BOD dan COD. Pengukuran nilai BOD dan COD menggunakan standard Pengukuran yang telah berlaku secara internasional yaitu menggunakan *American Public Health Association, Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater 23rd* [12]

Rumus Efisiensi :

$$E = \frac{Co - Ci}{Co} \times 100\%$$

Dimana :
 E = Efisiensi (%)
 Co = Konsentrasi BOD dan COD sebelum diolah
 Ci = Konsentrasi BOD dan COD setelah diolah



Gambar 3. Proses koagulasi flokulasi dengan alat jar test

3. Hasil Dan Pembahasan

Pengaruh Dosis Koagulan Terhadap Penurunan BOD dan COD

BOD menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh mikroba untuk memecah atau mengoksidasi bahan-bahan pencemar yang terdapat didalam suatu perairan. Umumnya BOD mempunyai nilai lebih rendah dari COD. Hal ini dikarenakan senyawa kimia yang dapat dioksidasi secara kimiawi lebih besar dibandingkan dengan oksidasi secara biologis. Semakin tinggi nilai BOD dan COD maka makin tinggi tingkat pencemaran suatu badan perairan [13]. COD menunjukkan jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh bahan pengoksidasi misalnya kalium dikromat untuk mengoksidasi bahan – bahan organik yang terdapat dalam air. Hasil uji COD pada umumnya mempunyai angka yang lebih tinggi dari pada uji BOD karena uji COD dapat mengoksidasi beberapa komponen yang tidak dapat dioksidasi dengan pertolongan mikroorganisme [14].

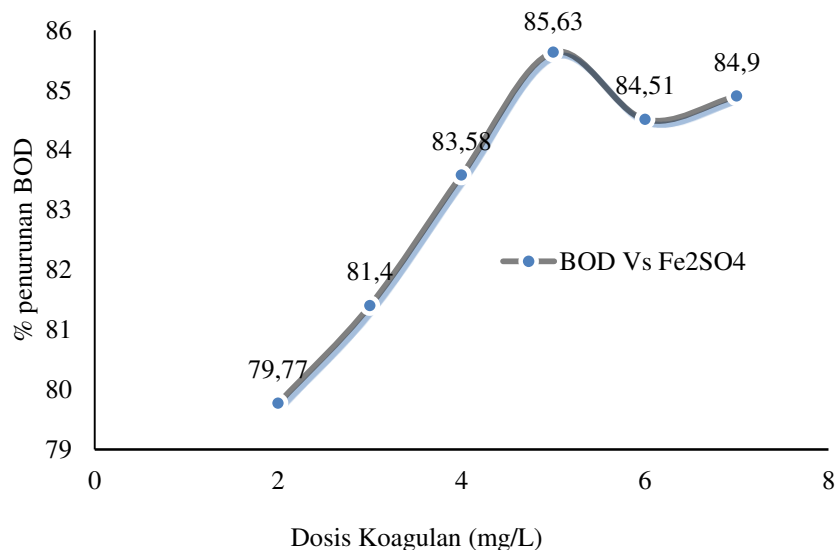
Dari **Tabel 1** dan **Tabel 2** terlihat bahwa air limbah asli sebelum proses koagulasi flokulasi memiliki nilai BOD sebesar 660,8 mg/l dan nilai COD sebesar 1600 mg/l. Ini menunjukkan bahwa kualitas air limbah mengandung banyak zat pewarna batik dan detergen dalam proses produksi. Semua zat pewarna dan deterjen dalam air limbah batik ada dalam bentuk terlarut, koloid dan tersuspensi. Kondisi inilah yang menyebabkan nilai BOD dan COD menjadi tinggi. Partikel koloid adalah partikel yang sangat sulit diolah karena sifatnya yang sangat stabil, oleh karena itu perlu didestabilisasikan dengan proses koagulasi koagulasi.

Tabel 1. Pengukuran BOD setelah koagulasi flokulasi sedimentasi dengan FeSO_4 dan kapur (perbandingan 1:1 kadar 5%) dalam tiga kali ulangan

Debit *)		BOD (mg/l)					Penurunan
LA	FeSO_4	LA	I	II	III	Rata-rata	
		660,28					
2			127,8	137,5	135,28	133,53	79,77
3			117,3	127,5	123,77	122,76	81,40
4			106,5	106	112,69	108,40	83,58
5			96,3	96,9	91,32	94,84	85,63
6			105,5	97,5	103,77	102,26	84,51
7			98,6	103,2	97,17	99,66	84,90

Data Primer, 2018

Keterangan :*) ml/dtk, LA=limbah asli



Gambar 4. Penurunan BOD dengan koagulan FeSO_4

Dari **Tabel 1** dan **Gambar 4** dapat diketahui efisiensi penurunan BOD dengan bahan koagulan Ferro Sulfat mencapai 85,63% dengan dosis koagulan 50 ml. Konsentrasi BOD yang semula 660,28 mg/l turun

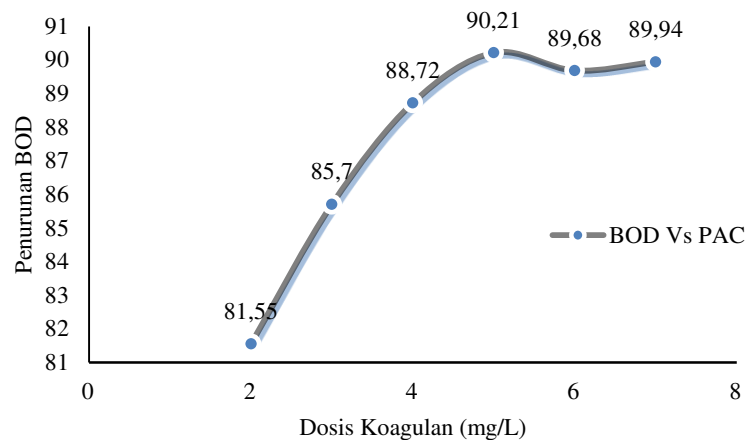
menjadi 94,84 mg/l. Menurut Baku Mutu Limbah Cair, konsentrasi BOD ini sudah melampaui standar baku mutu yaitu 300 mg/l. Tingkat penurunan BOD terendah terjadi pada dosis koagulan 20 ml dengan efisiensi penurunan 79,77% yaitu menjadi 133,53 mg/l.

Tabel 2. Hasil pengukuran BOD setelah koagulasi flokulasi sedimentasi dengan PAC dan kapur (perbandingan 1:1 kadar 5%) dalam tiga kali ulangan

Debit *)		BOD (mg/l)				Penurunan	
LA	PAC	LA	I	II	III	Rata-rata	
		660,28					
	2		120,77	123,70	120,94	121,80	81,55
	3		92,38	92,38	98,49	94,42	85,70
	4		72,58	73,38	77,36	74,44	88,72
	5		61,05	62,88	56,04	59,99	90,21
	6		67,68	71,49	65,09	68,09	89,68
	7		70,17	61,99	66,98	66,38	89,94

Data Primer, 2018

Keterangan :*) ml/dtk, LA=limbah asli



Gambar 5. Penurunan BOD dengan koagulan PAC

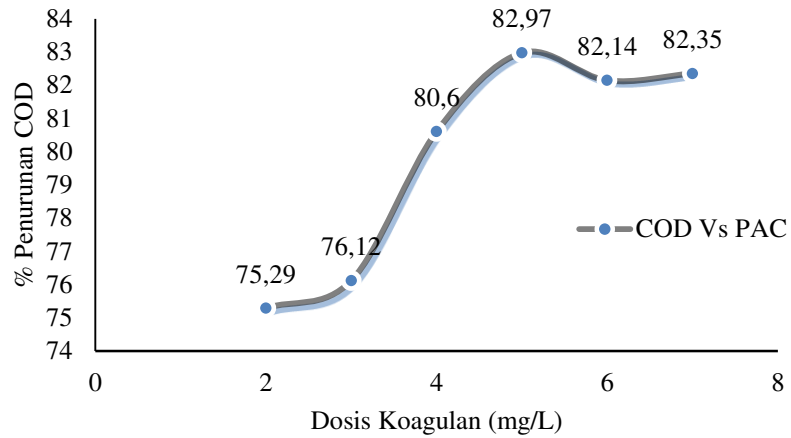
Dari **Tabel 2** dan **Gambar 5** dapat diketahui efisiensi penurunan BOD dengan bahan koagulan PAC mencapai 90,21% dengan dosis koagulan 50 ml. Konsentrasi BOD yang semula 660,28 mg/l turun menjadi 59,99 mg/l. Menurut Baku Mutu Limbah Cair, konsentrasi BOD ini sudah melampaui standar baku mutu yaitu 300 mg/l. Tingkat penurunan BOD terendah terjadi pada dosis koagulan 20 ml dengan efisiensi penurunan 81,55% yaitu menjadi 121,80 mg/l.

Tabel 3. Hasil Pengukuran COD setelah koagulasi flokulasi sedimentasi dengan PAC dan kapur (perbandingan 1:1 kadar 5%) dalam tiga kali ulangan

Debit *)		COD (mg/l)					Penurunan
LA	PAC	LA	I	II	III	Rata-rata	
100		1600					
	2		388,05	407,95	390,00	395,33	75,29
	3		378,10	398,00	370,00	382,03	76,12
	4		305,40	305,40	320,00	310,27	80,60
	5		258,65	278,60	280,00	272,42	82,97
	6		288,50	278,60	290,00	285,70	82,14
	7		268,65	298,50	280,00	282,38	82,35

Data Primer, 2018

Keterangan :*) ml/dtk, LA=limbah asli



Gambar 6. Penurunan COD dengan koagulan PAC

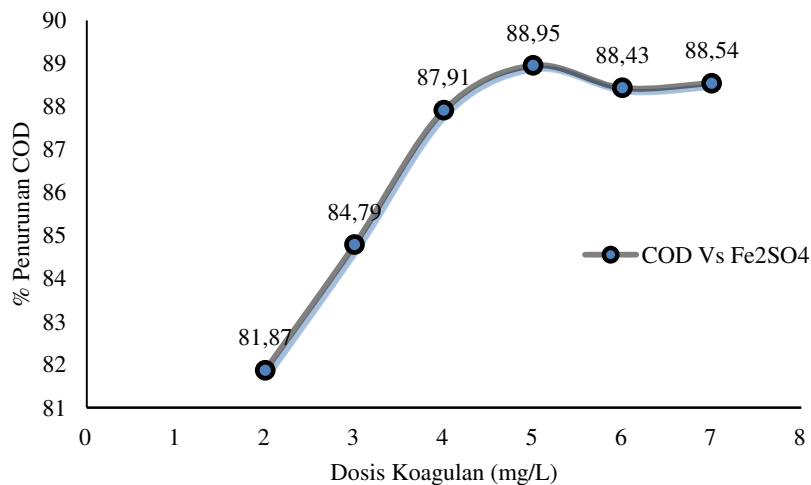
Tabel 3 dan **Gambar 6** menunjukkan bahwa dengan penambahan bahan koagulan PAC terjadi penurunan konsentrasi COD yaitu 1600 mg/l menjadi 272,42 mg/l untuk dosis koagulan 50 ml. Efisiensi penurunan COD tertinggi sebesar 82,97% pada kondisi penambahan bahan koagulan 50 ml. Sedangkan efisiensi penurunan COD terendah adalah 75,29% pada kondisi penambahan bahan koagulan 20 ml.

Tabel 4. Hasil pengukuran COD setelah koagulasi flokulasi sedimentasi dengan Fe_2SO_4 dan kapur (perbandingan 1:1 kadar 5%) dalam tiga kali ulangan

Debit *)		COD (mg/l)				Penurunan	
LA	Fe_2SO_4	LA	I	II	III	Rata-rata	
100		660,28					
	2		280,00	300,00	290,00	290,00	81,87
	3		240,00	240,00	250,00	243,33	84,79
	4		190,00	195,00	195,00	193,33	87,91
	5		180,00	180,00	170,00	176,67	88,95
	6		185,00	190,00	180,00	185,00	88,43
	7		196,00	180,00	180,00	183,33	88,54

Data Primer, 2018

Keterangan :*) ml/dtk, LA=limbah asli



Gambar 7. Penurunan COD dengan koagulan Ferro Sulfat

Tabel 4 dan **Gambar 7** dapat diketahui penurunan konsentrasi COD tertinggi dengan bahan koagulan Ferro Sulfat sebesar 88,95% yaitu semula 660,28 mg/l menjadi 176,67 mg/l. Penurunan BOD tertinggi terjadi pada kondisi penambahan bahan koagulan 50 ml. Sedangkan Efisiensi penurunan COD terendah adalah 81,87% pada kondisi penambahan bahan koagulan 20 ml

Berdasarkan grafik pada **Gambar 5, 6, 7** dan **8** menunjukkan bahwa penambahan dosis koagulan yang meningkat maka semakin tinggi pula efisiensi penurunan BOD dan COD. Hal ini disebabkan karena adanya ion-ion yang bermuatan yang berlawanan dengan koloid yaitu dengan adanya penambahan bahan koagulan. Penambahan ion-ion dengan muatan yang berlawanan ini akan menimbulkan destabilisasi koloid (yang semula stabil menjadi tidak stabil).

Partikel koloid merupakan partikel diskrit yang terdapat dalam suspensi air baku, dan partikel inilah yang merupakan penyebab utama kekeruhan. Stabilitas koloid tergantung pada ukuran koloid serta muatan elektrik yang dipengaruhi oleh kandungan kimia pada koloid dan pada media dispersi (seperti kekuatan ion, pH dan kandungan organik dalam air). Dengan penambahan koagulan, kestabilan koloid dapat dihancurkan sehingga partikel koloid dapat menggumpal [15]. Karena adanya muatan yang berlawanan maka terjadi gaya tarik menarik antar partikel, kemudian membentuk flok yang lebih besar dari semula sehingga mudah mengendap. Semakin banyak bahan koagulan yang dibubuhkan maka semakin banyak ion-ion yang bermuatan berlawanan dengan koloid yang dihasilkan sehingga semakin banyak pula terjadi gaya tarik menarik antar partikel. Namun apabila penambahan dosis terlalu berlebihan, menyebabkan terganggunya proses pembentukan flok sehingga penurunan BOD dan COD tidak berjalan dengan baik.

Pengaruh Jenis Koagulan Terhadap Penurunan BOD dan COD

Dari Gambar 6 dapat kita lihat bahwa untuk menurunkan BOD ternyata bahan koagulan PAC lebih baik daripada Ferro Sulfat. Ion Aluminium atau Al^{3+} dalam suasana asam yaitu kurang lebih pH 4 dan dalam suasana basa yaitu kurang lebih pH 9 dapat larut. Larutan Al^{3+} ini menyebabkan proses koagulasi flokulasi tidak berjalan dengan baik, karena tidak ada kontak atau interaksi antara Al^{3+} dan koloid. Pada kurang lebih pH 7 Al^{3+} dapat larut namun dalam jumlah yang sangat kecil, Flok Al^{3+} bermuatan positif pada pH kurang dari 7,6 dan bermuatan negatif pada pH lebih dari 8,2. Dengan range pH yang sangat sempit menyebabkan interaksi antara bahan koagulan dengan koloid tidak berjalan dengan baik. Sedangkan untuk Fe^{3+} pada pH 3-13 tidak dapat larut. Flok bermuatan positif dalam suasana asam yaitu pada pH di bawah 6,5 dan bermuatan negatif pada suasana basa yaitu pada pH lebih dari 8. Dengan range pH yang sangat luas jika dibandingkan dengan Al^{3+} menyebabkan terjadinya interaksi antara Fe^{3+} dengan koloid yang lebih banyak sehingga pembentukan flok juga lebih banyak.

Dari penelitian ini dapat juga diketahui bahwa Ferro Sulfat dan PAC selain digunakan untuk menurunkan BOD dan COD, dapat juga untuk menurunkan warna. Sebelum dilakukan pengolahan air limbah industri tekstil karena menyebabkan air limbah berwarna hitam. Sehingga dapat disimpulkan bahwa dalam pengolahan limbah industri tekstil penggunaan PAC lebih baik jika dibandingkan dengan Ferro Sulfat.

4. Kesimpulan

Setelah dilakukan penelitian maka dapat disimpulkan bahwa bahan koagulan yang lebih baik untuk pengolahan air limbah industri tekstil adalah PAC. Dosis bahan koagulan yang paling baik adalah pada kondisi penambahan 50 ml. Dalam penelitian ini efisiensi tertinggi untuk penurunan BOD adalah 85,63% untuk bahan koagulan Ferro Sulfat dan untuk bahan koagulan PAC mencapai 90,21%. Efisiensi penurunan COD tertinggi adalah 82,97% untuk bahan koagulan Ferro Sulfat dan untuk bahan koagulan PAC mencapai 88,95%. IPAL Kampung Batik Laweyan perlu direkonstruksi ulang dan menambahkan satu proses yang penting dalam pengolahan yaitu proses koagulasi flokulasi.

5. Ucapan Terima kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Kristen Surakarta yang telah memberikan kesempatan dalam memberikan dana penelitian internal, sehingga penelitian dapat terlaksana dengan baik.

6. Singkatan

BOD : Biochemical Oxygen Demand
COD : Chemical Oxygen Demand
PAC : Poly Aluminium Chloride

UMKM : Usaha Mikro Kecil dan Menengah
 IPAL : Instalasi Pengolahan Air Limbah
 SDGs : Sustainable Development Goals
 PBB : Perserikatan Bangsa-Bangsa
 SNI : Standard Nasional Indonesia

7. Daftar Pustaka

- [1] A. F. Rusydi, D. Suherman, and N. Sumawijaya, "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 Tekst.*, 2017, doi: 10.31266/at.v31i2.1671.
- [2] W. Metcalf and C. Eddy, *Metcalf and Eddy Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. 2014.
- [3] Kiswanto, L. N. Rahayu, and Wintah, "Pengolahan Limbah Cair Batik Menggunakan Teknologi Membran Nanofiltrasi Di Kota Pekalongan," *J. LITBANG Kota Pekalongan*, vol. 17, p. 74, 2019, [Online]. Available: <https://jurnal.pekalongankota.go.id/index.php/litbang/article/download/109/107>
- [4] Dinas Lingkungan Hidup Propinsi Jawa Tengah, *Peraturan Daerah Propinsi Jawa Tengah No 5 Tahun 2012 Tentang Baku Mutu Air Limbah*. Propinsi Jawa Tengah, 2012, p. 17.
- [5] Diah, "Solo Eco Cultural City." <http://eksotismesolo.blogspot.com/> (accessed Apr. 09, 2020).
- [6] Kementerian PPN/BAPPENAS, "Apa Itu SDGs," 2019. <http://sdgsindonesia.or.id/>.
- [7] S. Kawamura, *Integrated design of water treatment facilities*. New York: John Wiley & Sons, 1991.
- [8] Badan Standar Nasional, *Metoda pengambilan contoh air limbah*. Indonesia, 2008, p. 8.
- [9] Husaini, S. S, Cahyono, Suganal, and K. N. Hidayat, "Perbandingan Koagulan Hasil Percobaan Dengan Koagulan Komersial Menggunakan Metode Jar Test," *TeknoL. Miner. Dan Batu Bara*, vol. 14, no. 1, pp. 31–45, 2018, [Online]. Available: <https://jurnal.tekmira.esdm.go.id/index.php/minerba/article/view/387/535>.
- [10] A. S. Noerwahu, V. I. Meitiniarti, and S. Kasmiyati, "Dekolorisasi Pewarna Tosca Menggunakan Koagulan Ferro-Sulfat dan Lumpur Aktip dari Pabrik Tekstil di Salatiga pada Kondisi Aerob," *J. Ilmu Lingkungan, progr. Stud. Ilmu Lingkung. Sekol. Pascasarj. UNDIP*, vol. 17, no. 3, pp. 500–506, 2019, doi: DOI: <https://doi.org/10.14710/jil.17.3.500-506>.
- [11] T. D. Reynolds and P. A. Richards, *Unit operation and process in environmental engineering*. 1992.
- [12] American Public Health Association (APHA), *Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater 23st Edition*. 2004.
- [13] R. Christiana, Ika Muthya Anggraini, and H. Syahwanti, "Analisis Kualitas Air dan Status Mutu Serta Beban Pencemaran Sungai Mahap di Kabupaten Sekadau Kalimantan Barat," *J. Serambi Eng.*, vol. V, no. 1, pp. 941–950, 2020, [Online]. Available: <https://ojs.serambimekkah.ac.id/jse/index>.
- [14] Y. T. Wahyuni, "Pengaruh Penggunaan Ferri Sulfat sebagai Koagulan Untuk Pengolahan Limbah Industri Kulit Dengan Adsorben Zeolit Alam," Universitas Negeri Sebelas Maret, 2007.
- [15] R. S.W, B. Iswanto, and Winarni, "Pengaruh pH pada Proses Koagulasi Flokulasi Dengan Koagulan Aluminium Sulfat dan Ferri Klorida," *J. TeknoL. Lingkung.*, vol. 5, no. 2, pp. 40–45, 2009, [Online]. Available: <http://trijurnal.lemlit.trisakti.ac.id/index.php/urbanenvirotech/article/viewFile/676/602>.