

Efektifitas Poly Acryl Amide dan Poly Aluminium Chloride dalam Penurunan Total Koliform di Instalasi Pengolahan Air Limbah

Muhammad Fauzan, Satrio Nur Pambudi dan Rinette Visca^{*)}

Teknik Kimia Universitas Jayabaya, Indonesia

^{*)} Corresponding author: viscairsyad96@gmail.com

(Submit pada : 16 Oktober 2024 / Terbit pada : 30 November 2024)

Abstract

The Waste Water Treatment Plant (WWTP) of the Pharmaceutical Industry PT. XYZ employs a biological processing technology (active sludge). This is particularly suited given that the pharmaceutical industry's waste has biodegradable wastewater properties. So far, the total coliform value in WWTP that will be released into the environment has not met the necessary levels. The goal of the study is to lower the overall total coliform or Escherichia coli bacteria in the WWTP. Attempts to lower total coliform levels by using Poly Aluminum Chloride (PAC) as a coagulant solution and Polyacrilamide (PAM) as a flocculant. To assess coliform bacteria contamination, use the Most Probable Number (MPN) approach. The research variables are PAC with concentrations of 2%, 10% and 18%; PAC with masses of 2 mg, 3 mg and 5 mg. Based on research results, PAC and PAM can reduce the total coliform value well by up to 1200-2100 MPN per 100 ml of waste water. This has fulfilled the requirements of Republic of Indonesia Government Regulation Number 22 of 2021 with a total coliform value not exceeding 5000 MPN/ 100 ml in class 2 river quality standards.

Abstrak

Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di Industri Farmasi PT. XYZ menggunakan sistem pengolahan biologis (active sludge process). Hal ini sangat sesuai mengingat kandungan limbah yang dihasilkan oleh industri farmasi memiliki karakteristik air limbah yang biodegradable. Selama ini nilai total coliform pada IPAL yang akan dibuang ke lingkungan masih belum memenuhi persyaratan yang ditetapkan. Tujuan penelitian untuk mereduksi nilai total coliform atau bakteri Escherichia coli pada IPAL. Upaya menurunkan kadar nilai total coliform dengan menambahkan Poly Aluminium Chlorida (PAC) sebagai larutan koagulan dan Polyacrilamide (PAM) sebagai flokulan. Untuk mengetahui pencemaran bakteri coliform dengan menggunakan metode Most Probable Number (MPN). Variabel penelitian berupa PAC dengan konsentrasi 2%, 10% dan 18%; PAC dengan massa 2 mg, 3 mg dan 5 mg. Berdasarkan hasil penelitian PAC dan PAM dapat mereduksi nilai total coliform dengan baik hingga 1200-2100 MPN per 100 ml air limbah. Hal ini telah memenuhi persyaratan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 tahun 2021 dengan nilai total coliform tidak melebihi 5000 MPN/ 100 ml pada baku mutu sungai kelas 2.

Keywords : Flocculant, Polyacrilamide, Poly Aluminum Chloride, Total coliform, Waste Water

PENDAHULUAN

Proses produksi di industri farmasi menuntut kebersihan yang tinggi guna menghindari proses kontaminasi produk yang dihasilkan dengan mikroba, sehingga tingkat penggunaan air sebagai sarana sanitasi juga tinggi [1]. Salah satu hal yang penting dalam persyaratan mutu baku limbah cair adalah karakteristik biologi dalam limbah cair [2]. Karakteristik biologi limbah cair berperan dalam mengontrol penyakit yang menjangkiti manusia akibat organisme patogen. Hal ini tidak dapat terlepas oleh peranan yang luas bakteri dan mikroorganisme lain dalam proses dekomposisi dan stabilisasi bahan organik yang terkandung pada limbah cair. Untuk itu, nilai batasan mikroorganisme dalam limbah cair sangat diperhatikan.

Merujuk kepada Peraturan Gubernur DKI Jakarta No.69 tahun 2013 [3] dan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 tahun 2021 [4] tentang baku mutu air limbah maka setiap pelaku industri berkewajiban memiliki IPAL agar limbah yang dikeluarkan oleh industri sesuai dengan baku mutu yang telah disesuaikan pemerintah. Unit IPAL PT. XYZ menggunakan sistem biologi dengan lumpur aktif dalam mengelola dan mengendalikan air limbah yang dihasilkan supaya aman untuk dibuang ke perairan.

Pada unit IPAL setelah proses aerasi kandungan partikel, lumpur aktif dan zat lain yang masih terlarut dalam air limbah akan diendapkan setelah sebelumnya ditambahkan zat koagulan dan flokulan dalam air limbah. Setelah proses pemisahan, air limbah akan melalui proses disinfeksi untuk menghilangkan bakteri sehingga hasil akhir dari pengolahan air limbah adalah air yang dapat dibuang kembali ke lingkungan dengan nilai bakteri yang memenuhi persyaratan.

Proses mereduksi zat yang terlarut dalam air hasil proses pengolahan limbah sangat penting. Karena pada proses sebelumnya kandungan lumpur yang terlarut dalam air sangat diperlukan untuk proses aerasi. Sedangkan ditahap selanjutnya bakteri tersebut sudah tidak diperlukan karena keberadaannya malah akan merugikan. Proses menghilangkan zat yang terlarut dalam air limbah dengan proses koagulasi flokulasi. Dimana pada saat koagulasi, zat terlarut atau kotoran akan bereaksi dengan garam-garam zat koagulan menjadi flok.

Setelah proses koagulasi, flok yang terbentuk akan saling bertumbukan membentuk agregat yang dapat dipisahkan melalui proses sedimentasi maupun filtrasi. Proses aglomerasi (penggumpalan) ini umumnya dibantu dengan menggunakan zat flokulan pembantu dengan kandungan (0,1 -1 mg/ L). Zat yang sering digunakan untuk koagulasi dan flokulasi antara lain: *Aluminium sulfat*, *Sodium aluminat*, *Ferri sulfat*, *Ferri Chlorida*, *Polyaluminium-Chloride*, dan *Poly-Acrilamide*.

Beberapa penelitian terkait dengan penggunaan PAC dan PAM diantaranya dilakukan oleh Xiong [5] yang mampu menurunkan koliform, BOD dan COD dengan penggunaan PAM. Sementara penelitian yang dilakukan Zoubouli et al. (2008), dinyatakan bahwa penambahan PAC sebesar 1.35 mg/L dapat menurunkan kandungan mikroorganisme. Flokulan yang ditambahkan adalah dengan mereduksi nilai total coliform diharapkan sejalan dengan menurunnya nilai total mikroba.

Sebagai upaya mereduksi nilai total mikroba pada efluen IPAL maka dilakukan penelitian yang bertujuan mengetahui penurunan Total Koliform dengan penambahan komponen koagulan Poly Aluminium Chloride (PAC) dan flokulan Polyacrilamide (PAM), yang secara keseluruhan tidak merubah alur proses pengolahan limbah yang sudah ada. Nilai cemaran mikroba pada limbah yang akan dibuang ke lingkungan dipersyaratkan memiliki nilai total coliform tidak melebihi 5000 MPN/100 ml. Oleh karena itu perlu dilakukannya penelitian untuk mereduksi nilai total coliform dalam air hasil pengolahan limbah.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode penelitian experimental research. Bahan dan peralatan yang dipergunakan dalam penelitian ini diantaranya limbah cair industri farmasi IPAL PT.XYZ, PAC, PAM, oven, autoclave dan tabung reaksi.

Secara umum tahapan kegiatan dan metode yang digunakan dalam penelitian sebagai berikut:

Pemeriksaan Kualitas Awal Efluen IPAL.

Analisa kualitas awal air dilakukan dengan pemeriksaan kualitas air efluen IPAL. Pengujian kualitas air dilakukan di Laboratorium Industri Farmasi PT. XYZ, berdasarkan perbandingan antara parameter limbah cair industri farmasi dengan baku mutu air sungai kelas 2 pada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.

Percobaan Koagulasi dan Flokulasi

Prosedur koagulasi dan flokulasi [6] sebagai berikut:

- Sampel air limbah sebanyak 1200 ml diambil dari bak aerasi (Gambar 1)
- Pembuatan larutan PAC sebagai larutan koagulan dengan konsentrasi 2%, 10% dan 18%.
- Timbang PAM dengan berat 2 mg, 3mg dan 5mg sebagai flokulan.
- Siapkan larutan klorine 0,6%.
- Siapkan air limbah 200 ml dalam 6 beaker glass 250 ml (Larutan A, B, C, D, E Dan F).
- Aduk dengan menggunakan stirrer dengan kecepatan 250 rpm.
- Larutan A ditambahkan larutan PAC 2% sebanyak 0,5 ml.
- Larutan B ditambahkan larutan PAC 10% sebanyak 0,5 ml.
- Larutan C ditambahkan larutan PAC18% sebanyak 0,5 ml.
- Larutan D ditambahkan larutan PAC 2% sebanyak 0,5 ml dan tambahkan PAM 2 mg.
- Larutan E ditambahkan larutan PAC 10% sebanyak 0,5 ml dan ditambahkan PAM 3 mg.
- Larutan F ditambahkan larutan PAC 18% sebanyak 0,5 ml dan ditambahkan PAM 5 mg.
- Diamkan larutan selama kurang lebih 8-9 jam, lalu pisahkan antara larutan dan endapan yang terbentuk.
- Pisahkan larutan A, B, C, D, E dan F sebanyak masing-masing 100 ml (untuk larutan yang akan ditambahkan klorine 0.6% sebanyak 0,25 mL ke masing-masing larutan).

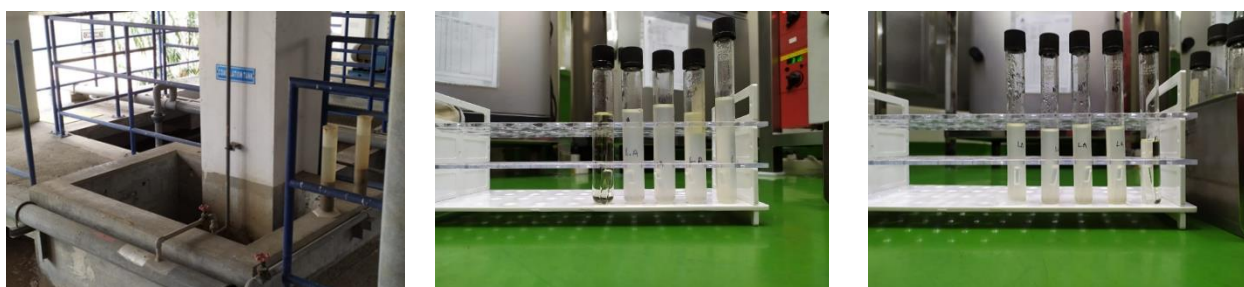
Analisa Kualitas Efluen IPAL

Analisa kualitas air efluen IPAL dilakukan di laboratorium dengan pemeriksaan parameter kimia dan biologi. Pemeriksaan parameter kimia air meliputi; pengukuran pH, zat padat tersuspensi, fenol, nitrogen total, BOD₅, COD, nilai permanganat KMnO₄, kadar ammonia, minyak dan lemak dengan alat spektrofotometri. Parameter biologi yang diperiksa berupa kandungan bakteri yang biasa dikelompokkan sebagai bakteri indikator pencemar meliputi total koliform dengan metode *Colony count*.

Analisa Penurunan Total Koliform

Prosedur koagulasi dan flokulasi sebagai berikut:

- Siapkan media lactose broth lalu sterilisasi menggunakan autoclave.
- Siapkan lalu sterilisasi peralatan dan wadah yang akan digunakan menggunakan oven dan autoclave.
- Tabung reaksi yang berisi media di sterilkan. Untuk setiap seri pengenceran sample digunakan 3 atau 5 tabung (Gambar 2).
- Pipet sampel kedalam tabung reaksi yang sudah berisi media
 - Seri I = 10 mL sampel
 - Seri II = 1 mL sampel
 - Seri III = 1mL sampel+9 mL buffer
- Persiapan blanko yaitu 1 tabung media tanpa sampel dan 1 tabung media ditambahkan 10 mL larutan buffer
- Sampel diinokulasi dalam incubator dengan suhu 30-35⁰C selama 48 jam.
- Hasil total bakteri coliform dilaporkan dalam satuan *Most Probable Number per Volume* (MPN/ 100 ml). Jumlah ini berdasarkan rumus probabilitas tertentu dengan estimasinya adalah jumlah rata densitas dari coliform dalam sampel. Densitas coliform menjadi nilai tolak ukur dalam menentukan efektifitas suatu system pengolahan air dan kualitas sanitasi air.



Gambar 1. a) Tangki koagulasi; b)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Kualitas Efluen IPAL

Berdasarkan hasil penelitian terhadap air efluen IPAL menunjukkan paramater kimia memiliki kualitas sesuai dengan standar baku mutu air Peraturan Gubernur DKI Jakarta No.69 tahun 2013 dan Peraturan Presiden No. 22 tahun 2021 (tabel 1). Sedangkan hasil kualitas paramater mikrobiologi air berupa total koliform sebesar 9400 MPN/100 mL belum memenuhi baku mutu total koliform < 5000 MPN/100 mL.

Dalam pengolahan air limbah pada IPAL, efluen telah diinjeksi khlorin atau *sodium hypochlorite*, namun belum dapat menurunkan total koliform. Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi proses penggunaan disinfeksi (by chlorine) dalam IPAL antara lain: waktu kontak, suhu, pH, konsentrasi mikroorganisme, konsentrasi dan tipe residu chlorine, kontak pencampuran awal antara chlorine dan mikroorganisme, serta konsentrasi komponen air limbah [7].

Tabel 1. Hasil Analisa Efluen IPAL

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu		Hasil	Metode
			1)	2)		
1	pH (insitu)	-			7.85	SNI 06-6989.11-2004
2	Zat Padat Tersuspensi	mg/L	60	30	2	UP.IK.21.01.07
3	Fenol	mg/L	0.5	-	<0.001	APHA Ed.23 rd 5530-Phenol.B.D-2017
4	Nitrogen Total	mg/L	30	-	14	UP.IK.21.01.20
5	BOD5	mg/L	50	30	3	SNI 6989.72-2009
6	COD	mg/L	100	100	14	SNI 6989.2-2009
7	Nilai Permanganat	mg/L	85	-	4	SNI 06-6989.22-2004
8	Amonia	mg/L	-	10	<0.01	SNI 06-6989.30-2005
9	Minyak dan Lemak	mg/L	-	5	<1.8	SNI 6989.10-2011
10	Total Koliform	MPN/100 mL	-	5000	9400	APHA Ed.23 rd 9221.B-2017

Sumber: ¹⁾ Peraturan Gubernur DKI Jakarta No.69 tahun 2013

²⁾ PP No. 22 tahun 2021 untuk Baku Mutu Sungai Kelas 2

Dalam metode disinfeksi dengan menggunakan chlorine, efisiensi disinfektan dinyatakan sebagai rasio atau perbandingan antara jumlah mikroorganisme yang mati terhadap jumlah mikroorganisme yang hidup. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Migas (2003) waktu yang dibutuhkan chlorine untuk mereduksi 99% *Escheria coli* pada suhu 0-6°C adalah 0.24 menit. Titrasi chlorine sebagai HOCl sebanyak 1 mg/l, dalam waktu 0.24 menit dapat membunuh *Escheria coli*. Oleh karena itu, kontak time dan konsentrasi zat chlorine sangat mempengaruhi efisiensi reduksi mikroorganise dalam pengelolaan IPAL.

Analisa Penurunan Total Koliform

Densitas coliform menjadi nilai tolak ukur dalam menentukan efektifitas suatu system pengolahan air dan kualitas sanitasi air.

Tabel 2. Hasil Pengamatan total coliform

Kode sampel	Konsentrasi uji			Hasil (MPN/ 100mL)
	10 ⁰	10 ⁻¹	10 ⁻²	
A	4	4	1	4000
B	4	3	1	3300
C	4	2	1	2600
D	3	4	0	2100
E	3	1	2	1700
F	2	2	1	1200

Berdasarkan pengamatan data pada tabel 2 penambahan koagulan PAC dan flokulan PAM mampu mereduksi total koliform. Larutan A, B dan C berisi PAC mampu mereduksi total koliform yang sebelumnya Semua larutan D, E, dan F yang mendapat perlakuan penambahan PAC dan PAM memiliki total coliform lebih kecil dari larutan PAC dengan tanpa penambahan PAM. Larutan D, E dan F yang menggunakan gabungan koagulan *Poly Alumunium Choride* (PAC) dan flokulan *Polyacrilamide* (PAM) menunjukkan penurunan nilai total coliform yang sangat drastis. Sebelum diberikan perlakuan efluen mengandung total koliform sebesar 9400 MPN/100 mL. Setelah diberikan PAC dan PAM total koliform menjadi 2100 MPN/100mL (larutan D), 1700 MPN/100mL (larutan E) dan 1200 MPN/100mL (larutan F).

Penambahan koagulan ke dalam sampel air limbah menyebabkan koloid dan padatan tersuspensi (suspendend solid) bergabung lalu membentuk flok. Kontaminan tidak dapat dihilangkan dengan penyaring biasa [8]. Penambahan koagulan PAC ke dalam air limbah mampu menetralsir partikel bermuatan negatif. Hal tersebut karena PAC memiliki muatan positif yang tinggi dan dapat mengikat koloid secara kuat dan membentuk agregat.

Pemakaian gabungan koagulan PAC dan flokulan PAM selama proses koagulasiflokulasi dapat menurunkan jumlah bakteri dalam air limbah secara signifikan. Konsentrasi koagulan PAC 10% -18% dan flokulan PAM 15 - 25 mg/L, dapat mereduksi nilai total coliform dalam air hasil pengolahan limbah industri hingga mencapai nilai 1200 – 2100 MPN/100ml. Hasil penelitian menunjukkan total koliform < 5000 MPN/ 100 ml memenuhi standar baku mutu Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 tahun 2021.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa diperoleh kesimpulan bahwa koagulan PAC dan flokulan PAM efektif menurunkan jumlah bakteri *Escheria coli* dalam air limbah secara signifikan. Total koliform 9400 MPN/100 mL direduksi menjadi < 5000 MPN/100 ml yang sesuai dengan standar baku mutu air sungai kelas 2 Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 tahun 2021.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis berterimakasih atas bantuan Universitas Jayabaya yang telah berkontribusi sehingga penelitian ini terlaksana dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D.Y Lestari, Darjati dan Marlik. “Penurunan Kadar BOD, COD, dan Total Coliform dengan Penambahan Biokoagulan Biji Pepaya (*Carica papaya* L) (Studi pada Limbah Cair Domestik Industri Baja di Surabaya Tahun 2020),” *Kesehatan Lingkungan*, **18**(1), 49-54, 2021. Available: <https://doi.org/10.31964/jkl.v18i1.288> . [Accessed March. 2, 2024].
- [2] A.T. Hardanik. “Perbandingan Kuantitas Bakteri Coliform Pada Limbah Cair Sebelum Dan Sesudah Pengolahan Limbah Menurut Sistem DEWATS Di RSI Yarsi Surakarta,” *Skripsi*. Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta. 2013.

- [3] Peraturan Gubernur Nomor 69 Tahun 2013 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Kegiatan dan/ Atau Usaha Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup
- [4] B., Xiong and Rebecca. "Polyacrylamide Degradation and Its Implications in Environmental Systems," *Clean water*, **17**, pp. 1-17, 2018.
- [5] K., Lidia. Peningkatan Kesehatan dengan Suplemen dan Gizi Seimbang di Era Pandemi Covid-19. *Lembaga Pengabdian Kepada Masyarakat Undana*, **14**(2), pp. 63-68, 2020.
- [6] Migas. 2003. Kandungan Coliform Tinggi. Migas Indonesia. Available: <https://migas-indonesia.com/2003/07/21/kandungan-coliform-tinggi/> [Accessed March. 2, 2024].
- [7] Zouboulis, Traskas, G. and Samaras, P.. Optimisation of Coagulation and Filtration Processes in The Drinking Water Treatment Plant of Thessaloniki Coagulation-Flocculation. *Separation Science and Technology*, **43**(6), pp. 1507-1519, 2008.