

## Efektivitas Variasi Dosis Koagulan PAC (*Poly Aluminium Chloride*) dalam Menurunkan Kadar Logam Berat Kromium (Cr) pada Limbah Cair Penyamakan Kulit

Linda Devega<sup>1</sup>, Yusniar Hanani Darundiati<sup>1</sup>, Onny Setiani<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Bagian Kesehatan Lingkungan, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Diponegoro

### ABSTRAK

**Latar belakang:** Industri penyamakan kulit merupakan salah satu jenis industri yang menggunakan bahan berbahaya dalam produksinya yaitu senyawa kromium (Cr). Kromium merupakan logam berat yang memiliki toksisitas tinggi. Hasil analisis sampel limbah cair industri penyamakan kulit PT.X menunjukkan bahwa kadar Cr sebesar 63,77 mg/l. Kadar kromium ini masih diatas baku mutu menurut Perda Jateng No 5 Tahun 2012 sebesar 0,6 mg/l. PAC (*Poly Aluminium Chloride*) merupakan bahan kimia yang dapat digunakan untuk mengurangi kadar kromium (Cr) pada proses pengolahan limbah cair. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas PAC dalam menurunkan kadar kromium limbah cair penyamakan kulit.

**Metode:** Jenis penelitian yang digunakan adalah *quasi experiment* dengan rancangan *pretest and posttest with control group design*

**Hasil :** Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar kromium sebelum perlakuan sebesar 114,094 mg/l dan kelompok kontrol 87,103 mg/l. Kadar Cr sesudah perlakuan terjadi penurunan yaitu; 74,80% (dosis PAC 35 gram), 83,39% (dosis PAC 45 gram), 94,25% (dosis PAC 55 gram), 97,28% (dosis PAC 65 gram), dan 99,56% (dosis PAC 75 gram).

**Simpulan:** dosis efektif PAC dalam menurunkan kadar Cr limbah cair di PT.X adalah 75 gram dikarenakan dengan dosis tersebut dapat menurunkan kadar Cr dibawah baku mutu dengan efisiensi sebesar 99,56%.

**Kata kunci:** limbah cair, penyamakan kulit, kadar kromium, PAC (*Poly Aluminium Chloride*), efisiensi

### ABSTRACT

**Title:** Effectiveness of dosage PAC (*Poly Aluminum Chloride*) as a coagulant to Reduce of Chromium (Cr) level in Tannery Wastewater

**Background:** The leather tanning industry is one type of industry that uses hazardous materials in its production, using chromium (Cr) compounds. Chromium is a heavy metal that has high toxicity. Results of analysis of samples leather tanning industry wastewater in PT. X, showed that Cr concentration was 63.77 mg/l. This level of chromium is still above the quality standard according to Central Java Regional Regulation No. 5 Year 2012 of which enabled maximal 0.6 mg /l. PAC (*Poly Aluminum Chloride*) is a chemical that can be used to reduce chromium (Cr) levels in the liquid waste treatment process. This study purpose to determine the effectiveness of coagulant PAC in reducing the chromium concentration of tannery wastewater.

**Method:** This research used quasi experimental with experiment variable pretest and posttest with the control group design.

**Result:** The results showed that the chromium concentration in pretest group was 114,094 mg/l and control group was 87,103 mg /l . The chromium concentration in posttest group are; 74.80% (35 gram PAC), 83.39% (45 gram PAC), 94.25% (55 gram PAC), 97.28% (PAC 65 gram), and 99.56% ( 75 gram PAC).

**Conclusion:** coagulant PAC with dose 75 gram is the effective dose in reducing Cr levels in PT. X because the dosage can reduce Cr levels below the quality standard with an efficiency of 99.56%.

**Keywords:** wastewater, leather tanning industry, chromium, Poly Alumunium Chloride, efficiency

## PENDAHULUAN

Industri penyamakan kulit merupakan salah satu industri penghasil limbah cair yang mengandung zat beracun. Keberadaan krom dengan konsentrasi yang tinggi dalam limbah cair industri penyamakan kulit dapat menyebabkan pencemaran terhadap lingkungan. Krom (Cr) dalam limbah cair industri penyamakan kulit berasal dari berbagai proses penyamakan kulit mulai dari proses *beamhouse* (pengerjaan basah), *tanning* sampai *finishing*.<sup>1</sup> Penyamakan kulit menggunakan senyawa kromium sulfat antara 60-70% dalam bentuk larutan kromium sulfat tidak semuanya dapat terserap oleh kulit pada saat proses penyamakan sehingga sisanya dikeluarkan dalam bentuk cairan sebagai limbah cair.<sup>2</sup> Di Indonesia, pada proses produksi industri kecil penyamakan kulit kebanyakan tidak menerapkan pemisahan arus krom dengan yang lain. Hal ini menimbulkan tingginya kadar krom yang dilepas ke badan air maupun ke lingkungan.<sup>3</sup>

Toksisitas akut yang diakibatkan oleh paparan berat kromium adalah muntah, diare berdarah dan gangguan saluran pencernaan. Efek lain yang muncul adalah nekrosis hati, nekrosis ginjal, dan keracunan darah. Paparan Cr juga dapat menjadi pemicu terjadinya kanker paru. Hal ini

dikarenakan banyaknya jumlah Cr dengan lambatnya proses penghapusan Cr dari paru-paru ,menjadi dasar suatu hipotesis bahwa Cr merupakan salah satu bahan yang dapat menyebabkan kanker paru.<sup>4,5</sup>

Toksisitas logam berat kromium menyebabkan kerusakan atau mengurangi fungsi mental dan saraf pada manusia. Kromium dapat mengurangi tingkat energi dan merusak komposisi darah, paru-paru, ginjal, hati dan organ vital lainnya. Paparan kromium yang panjang dapat menyebabkan penyakit *Alzeimer*, penyakit *Parkinson*, distrofi otot, dan *sclerosis*. Penyakit kanker juga dapat ditimbulkan karena kontak dengan paparan kontinyu dari logam kromium. Logam berat  $Cr^{+3}$  memiliki toksisitas rendah dapat dimanfaatkan sebagai unsur nutrisi penting bagi manusia atau ditambahkan ke vitamin sebagai suplemen makanan.  $Cr^{+6}$  lebih beracun dan menyebabkan risiko kesehatan, yang menyebabkan reaksi alergi. Paparan terus menerus dari kromium dapat masuk ke dalam tubuh melalui inhalasi di tempat kerja, lingkungan atau melalui konsumsi makanan, terutama makanan biji dan menyebabkan beberapa gangguan kesehatan.<sup>6</sup>

Air limbah dengan kadar kromium yang berada diatas nilai baku mutu, perlu dilakukan pengolahan

untuk menurunkan kadar kromium agar tidak mencemari lingkungan dan aman bagi kesehatan masyarakat. Salah satu cara untuk menurunkan kadar kromium adalah dengan koagulasi dan flokulasi dengan penambahan koagulan. Keefektifan proses koagulasi dan flokulasi tergantung pada dosis serta jenis koagulan, pH dan suhu. Jenis koagulan yang sering dipakai adalah alumunium sulfat (alumunium) dan *Poly Alumunium Chloride* (PAC). Koagulasi merupakan penambahan zat kimia atau koagulan ke dalam air dengan tujuan mengurangi gaya tolak-menolak antar partikel koloid, sehingga partikel-partikel tersebut dapat bergabung menjadi flok halus. Flokulasi merupakan suatu proses penggumpalan partikel-partikel menjadi flok dengan ukuran yang memungkinkan dapat dipisahkan oleh sedimentasi dan filtrasi.<sup>7</sup>

Berdasarkan fakta yang telah ditunjukkan diatas, Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui efektivitas koagulan PAC dalam penurunan tingkat krom air limbah penyamakan kulit sehingga diperoleh dosis optimumnya.

#### **MATERI DAN METODE**

##### **Jenis dan Rancangan Penelitian**

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah *quasi experiment*. Jenis penelitian ini merupakan jenis penelitian yang digunakan untuk menunjukkan hubungan sebab akibat dalam penelitian eksperimetal tanpa melakukan pengendalian terhadap variabel pengganggu sepenuhnya.<sup>2</sup> Rancangan penelitian yang digunakan adalah rancangan eksperimen *pretest and posttest with control group design*. Pengukuran dilakukan sebelum dan sesudah perlakuan diberikan dan pengaruh perlakuan diukur dari perbedaan antara pengukuran awal dan pengukuran akhir.

##### **Lokasi Penelitian**

Penelitian ini akan dilakukan di 3 (tiga) tempat, yaitu lokasi pengambilan sampel limbah cair yang mengandung kromium, yaitu di PT.X. Lokasi perlakuan dan penelitian sampel di laboratorium Fakultas Kesehatan Masyarakat dan Laboratorium Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro.

##### **Populasi dan Sampel Penelitian**

Populasi dalam penelitian ini adalah limbah cair industri penyamakan kulit PT.X. Dalam penelitian ini sampel yang diambil adalah sebagian limbah cair dari bak penampungan limbah proses penyamakan kulit krom. Untuk mendapatkan banyaknya replikasi (pengulangan) dalam setiap perlakuan sampel didasarkan pada rumus:<sup>2</sup>

$$(t - 1)(r - 1) \geq 15$$

dimana t = banyaknya perlakuan

r = replikasi yang dilakukan

Penelitian yang dilakukan pada limbah cair industri penyamakan kulit sebelum dilakukan perlakuan 1 kali, setelah perlakuan 5 kali dengan penambahan berbagai variasi dosis koagulan PAC (35 g, 45g, 55g, 65g, dan 75g), sehingga masing-masing perlakuan diulang sebanyak :

$$(t - 1)(r - 1) \geq 15$$

$$r = 4,75$$

Dari hasil tersebut didapat r = 4,75 (dibulatkan menjadi 5), sehingga jumlah sampel perlakuan sebanyak 5 x 5 = 25 ditambah 5 sampel *pretest* dan 5 sampel untuk kontrol. Jadi keseluruhan sampel perlakuan sebanyak 35.

##### **Pengumpulan Data**

Data dalam penelitian ini adalah data primer yaitu berupa angka hasil pemeriksaan kadar kromium sebelum dan sesudah penambahan koagulan PAC (*Poly Alumunium Chloride*) dengan berbagai dosis..

##### **Penyajian dan Analisis Data**

Data yang diperoleh dari penelitian penggunaan berbagai variasi dosis

koagulan PAC untuk menurunkan kadar kromium disajikan dalam bentuk tabel dan grafik. Dari hasil analisis konsentrasi kromium dalam supernatan limbah maka dapat dihitung efisiensi pemisahan kromium dari limbah cair. Efisiensi pemisahan kromium dari limbah cair dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut :

$$E (\%) = (S_0 - S) / S_0 \times 100\%$$

Keterangan

E : Efisiensi

S<sub>0</sub> : kadar kromium sebelum perlakuan

S : kadar kromium setelah perlakuan

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menggunakan metode limbah cair secara koagulasi dan flokulasi untuk menurunkan kadar Cr limbah cair penyamakan kulit.

Koagulan yang digunakan yaitu PAC (*Poly Aluminium Chloride*).

Sampel air diambil menggunakan jerigen 10 liter dengan 5 kali pengulangan di hari yang berbeda. Sampel limbah cair sebanyak 1000 ml dimasukkan ke dalam gelas beaker 1000 ml, selanjutnya dilakukan penambahan PAC dalam bentuk bubuk sebanyak 35 g, 45 g, 55 g, 65 g dan 75 g. *Beaker glass* dengan variasi dosis berbeda diletakkan ke dalam *jar test*. Pengadukan cepat dilakukan selama 1 menit dengan kecepatan putaran 100 rpm, setelah itu dilakukan pengadukan lambat selama 10 menit dengan kecepatan putaran 60 rpm, kemudian pengendapan dilakukan selama 4 jam.

Hasil pengukuran pH sebelum dan sesudah perlakuan dengan berbagai variasi dosis PAC dapat dilihat pada tabel 1 :

Tabel 1. Hasil pengukuran pH kelompok sebelum dan sesudah perlakuan dengan berbagai variasi dosis PAC, Juli 2019

Ulangan ke-	Pretest	Posttest					
		Kontrol	35g	45g	55g	65g	75g
1	9	9	8	8	7	7	6
2	9	9	8	8	7	7	6
3	9	9	8	8	7	6	6
4	10	10	8	7	6	6	5
5	10	10	8	8	7	6	5
Rata-rata	9	9	8	8	7	6	6

Data pada tabel 1 menunjukkan bahwa pH limbah cair sebelum dan sesudah perlakuan. pH limbah cair sebelum perlakuan setiap pengulangannya mempunyai nilai 9 (basa). Pengukuran pada kelompok kontrol juga mempunyai nilai rata-rata pH 9. Kelompok perlakuan mengalami penurunan pH sejalan dengan penambahan PAC (*Poly Aluminium Chloride*). Pengukuran pH dalam penelitian ini menunjukkan bahwa pH setelah perlakuan pemberian koagulan

PAC (*Poly Aluminium Chloride*) mengalami penurunan, yaitu berkisar angka 6 hingga 8. Nilai pH tersebut diperbolehkan menurut Peraturan Daerah Jawa Tengah No 5 Tahun 2012 karena nilai pH limbah cair yang diperbolehkan adalah 6-9. Setelah dilakukan perlakuan dengan penambahan koagulan PAC terjadi penurunan pH pada masing-masing dosis. Semakin banyak penambahan dosis koagulan PAC maka semakin tinggi pula penurunan pH. PAC dapat

bekerja efektif pada pH 6-9. Hal tersebut karena PAC merupakan bahan koagulan yang bersifat asam sehingga semakin banyak PAC yang ditambahkan, semakin besar penurunan pH. Penurunan nilai pH setelah penambahan koagulan PAC ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Yuga pada tahun 2015

dimana nilai pH sebelum perlakuan 7,64 menjadi 6,09 setelah penambahan PAC 1g/l.<sup>8</sup>

Adapun hasil analisis laboratorium setelah penambahan koagulan PAC (*Poly Aluminium Chloride*) selengkapnya dapat dilihat pada tabel 2 berikut :

Tabel 2. Hasil pengukuran kadar Cr dengan berbagai variasi dosis PAC (*Poly Aluminium Chloride*), Juli 2019

Ulangan ke-	Pretest (mg/l)	Posttest (mg/l)					
		Kontrol	35 g/l	45 g/l	55 g/l	65 g/l	75 g/l
1	192,539	140,677	43,378	29,961	15,633	8,211	1,346
2	106,908	83,869	30,118	20,965	7,890	3,790	0,634
3	93,655	74,721	22,297	16,737	3,426	1,954	0,390
4	101,323	78,254	29,630	15,600	4,220	2,892	0,226
5	76,045	57,993	16,933	11,124	4,109	0,632	0,213
<b>Rata-rata</b>	114,094	87,103	28,271	18,877	7,056	3,496	0,562

Data pada tabel 2 menunjukkan bahwa kadar Cr sebelum perlakuan bersifat fluktuatif pada setiap pengulangan. Kadar Cr paling tinggi pada kelompok pretest terdapat pada pengulangan ke 1 yaitu sebesar 192,539 mg/l, sedangkan kadar Cr kelompok pretest paling rendah terdapat pada pengulangan ke 5 yaitu sebesar 76,045 mg/l.

Kadar Cr yang tinggi dan fluktuatif ini sejalan dengan penelitian oleh Meirinna pada tahun 2013 di PT. Adi Satria Abadi yang mendapatkan kadar Cr untuk kelompok sebelum perlakuan sebesar 567,40 mg/l; 530,58 mg/l; dan 536,71 mg/l dimana kadar Cr ini

tergantung pada jumlah produksi yang ada.<sup>9</sup>

Rata-rata kadar Cr setelah perlakuan untuk kelompok kontrol, dosis 35 g/l, 45g/l, 55g/l, 65g/l, dan 75g/l secara berturut turut sebesar 87,103 mg/l, 28,271 mg/l, 18,877 mg/l, 7,056 mg/l, 3,496 mg/l, dan 0,562 mg/l.

Untuk mengetahui berapa efisiensi pemisahan kromium dari limbah cair setelah penambahan koagulan PAC, maka dapat dihitung dengan rumus. Berdasarkan data yang telah disajikan pada tabel 2, untuk lebih jelasnya hasil perhitungan efisiensi pemisahan kromium total dari limbah cair dapat dilihat pada tabel 3 berikut :

Tabel 3. Efisiensi penurunan kadar Cr dengan berbagai variasi dosis PAC (*Poly Aluminium Chloride*), Juli 2019

Ulangan ke-	Posttest					
	Kontrol	35 g/l	45 g/l	55 g/l	65 g/l	75 g/l
1	26,93 %	77.47%	84.43%	91.88%	95.73%	99.30%
2	21,55 %	71.82%	80.38%	92.61%	96.45%	99.41%
3	20,21 %	76.19%	82.12%	96.34%	97.91%	99.58%
4	22,76 %	70.75%	84.60%	95.83%	97.14%	99.78%

5	23,72 %	79.04%	85.37%	94.59%	99.16%	99.72%
Rata-rata		74,80%				
	23,03%		83,39%	94,25%	97,28%	99,56%

Data pada tabel 3 menunjukkan efisiensi setiap perlakuan dan pengulangan didapatkan presentase penurunan tertinggi terjadi sebesar 99,72% dengan kelompok perlakuan 75 g/l pada pengulangan ke 5, sedangkan presentase penurunan terendah yaitu 70,75% dengan kelompok perlakuan 35g/l pada pengulangan ke 4. Penurunan rata-rata kadar Cr terbesar dalam penelitian ini terjadi pada kelompok perlakuan dengan dosis PAC 75g/l yaitu sebesar 99,56% atau sebanyak 113,53 mg/l, sedangkan penurunan rata-rata kadar Cr terkecil yaitu pada kelompok perlakuan dengan dosis 35 g/l sebesar 74,80 % atau sebanyak 85,823 mg/l dibandingkan dengan kelompok sebelum perlakuan.

Kelompok kontrol pada penelitian ini mengalami penurunan kadar Cr walaupun tidak ditambahkan dengan koagulan PAC. Penurunan terjadi karena kromium yang berada di dalam limbah cair mengalami proses pengendapan partikel-partikel padat dari limbah cair dengan gaya gravitasi dan membentuk sedimen. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa semakin besar dosis PAC yang ditambahkan maka kadar Cr akan semakin kecil, dan untuk perlakuan dengan PAC dosis 75g/l merupakan dosis optimum menurunkan kadar Cr dimana kadar Cr telah berada dibawah baku mutu menurut Peraturan Daerah Jawa Tengah No 5 Tahun 2012.

Penambahan koagulan PAC ke dalam limbah cair akan menetralkan partikel bermuatan negatif. Hal

tersebut karena PAC memiliki karakteristik muatan positif dan dapat mengikat agregat dengan kuat sehingga dapat menarik dan menggabungkan partikel tersuspensi di dalam limbah cair.<sup>10</sup>

### SIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan:

1. Kadar Cr limbah cair penyamakan kulit di PT.X sebelum perlakuan dengan koagulan PAC setiap pengulangannya adalah, 192,539 mg/l, 106,908 mg/l, 93,665 mg/l, 101,323 mg/l, dan 76,045 mg/l, dengan rata-rata kadar Cr 114,094 mg/l.
2. Rata-rata kadar Cr sesudah perlakuan pemberian koagulan PAC yaitu; 87,103 mg/l (kontrol), 28,271 mg/l (dosis PAC 35 gram), 18,877 mg/l (dosis PAC 45 gram), 7,056 mg/l (dosis PAC 55 gram), 3,496 mg/l (dosis PAC 65 gram), dan 0,562 mg/l (dosis PAC 75 gram).
3. Presentase penurunan kadar Cr setelah pemberian perlakuan 35 gram/lit yaitu 74,80%; perlakuan dosis 45 gram/lit yaitu 83,39%; perlakuan dosis 55 gram/lit yaitu 94,25%; perlakuan dosis 65 gram/lit yaitu 97,28% ;dan perlakuan dosis 75 gram/lit yaitu 99,56%.
4. Dosis PAC 75 gram/liter merupakan dosis yang paling efektif dalam menurunkan kadar Cr dibawah baku mutu menurut Peraturan Daerah Jawa Tengah No. 5 Tahun 2012 tentang Baku Mutu Air Limbah bagi industri penyamakan kulit.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Mustakim ASW, Kuniawan AP. Perbedaan Kualitas Kulit Kambing Peranakan Etawa (PE) Dan Peranakan Boor(PB) Yang Disamak Krom. J. Ternak Tropika. 2010; 11(1) : 38-50
2. Joko, T. Penurunan Kromium (Cr ) dalam Limbah Cair Proses Penyamakan Kulit (Studi Kasus di Pt Trimulyo Kencana Mas Semarang ). J.Kesehatan Lingkungan. 2003; 2(2) :39-45
3. Priyanto, B. Uji Toksisitas Air Limbah Penyamakan Kulit Menggunakan Metode Penghambatan Pertumbuhan *Lemna sp.* J.Tek.Ling. 2006; 7(2) : 212-218
4. National Institute for Occupational Safety and Health. NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards : Chromium Metal. U.S. Department of Health and Human Services (NIOSH) Publication. 1994
5. IARC. Chromium and Certain Chromium Compounds. In: IARC Monographs on The Evaluation of The Carcinogenic Risk of Chemicals to Humans. Chromium, Nickel, and Welding. IARC monographs, Vol. 49. Lyon, France: World Health Organization International Agency for Research on Cancer. 1990
6. Ganhi N, Sirisha D, dan Chandra Sekar KB. Removal of Chromium (VI) and Fluoride by Various Treatment Methods from Industrial Effluent. Interdisciplinary Toxicology. 2014; 7(2): 60–72
7. Ebeling, James M. dan Sarah R. Ogden. Application of Chemical Coagulation Aids for the Removal of Suspended Solids (TSS) and Phosphorus from the Microscreen Effluent Discharge of an Intensive Recirculating Aquaculture System. North American Journal of Aquaculture. 2004; 66:198-207.
8. Yuga A. Keefektifan Dosis PAC (Poly Aluminium Chloride) terhadap Penurunan Kadar TSS (Total Suspended Solid) Limbah Industri Penyamakan Kulit Magetan. Universitas Muhammadiyah Surakarta. 2015
9. Meirinna, Fahrurrozi, dan Sri Juari Santosa. 2013. Sistem penurunan kadar krom (iii) limbah cair industri penyamakan kulit dengan kombinasi presipitasi menggunakan natrium hidroksida dan adsorpsi menggunakan *bagase fly ash*. ASEAN Journal of System Engineering. 2013; 1 (2) :62-67
10. Wahyu S, Hutomo S. Keefektifan Dosis Poly Alumunium Chloride (PAC) dalam Menurunkan Kadar Phospate pada Air Limbah Laundry di Gatak Gede Boyolali. Surakarta. 2015