

## **OPTIMIZATION OF POLY ALUMINIUM CHLORIDE (PAC) DOSAGE FOR TANNERY WASTE TREATMENT IN COAGULATION-FLOCCULATION PROCESS**

### **OPTIMASI DOSIS POLI ALUMINIUM KHLORIDA (PAC) UNTUK PENGOLAHAN LIMBAH PENYAMAKAN KULIT PADA PROSES KOAGULASI-FLOKULASI**

**Nanda Brilian Tantri<sup>1</sup>, Swatika Juhana<sup>1\*</sup>, Ragil Yuliatmo<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Teknologi Pengolahan Kulit, Politeknik ATK Yogyakarta, Yogyakarta, Indonesia

\* Corresponding author: [swatika.rustiawan@gmail.com](mailto:swatika.rustiawan@gmail.com)

#### **Abstract:**

The purpose of this study was to determine the optimum dose of PAC coagulant in the treatment of tannery waste in the coagulation-flocculation process. The research was conducted using the jar test method to treat leather tanning wastewater by coagulation-flocculation. Coagulation was carried out with various doses of PAC coagulant 1%, 2%, 3%, 4%, and 5% each of which 5 mL was put into a beaker containing 300 mL of tannery wastewater. Coagulation was carried out with rapid stirring at 100 rpm for 1 minute. Then flocculated using 1% basefloc polyelectrolyte 3 mL each. Flocculation with slow stirring at 25 rpm for 15 minutes. The results of the jar test were measured for turbidity, pH, and the type of floc. The results showed that the optimum dose of PAC coagulant to treat leather tanning waste was 5 mL PAC 2% for a waste volume of 300 mL, at pH 7. This result can be converted into grams of PAC/waste volume, namely 0.1 grams of PAC/300 mL of waste or 0.33 grams of PAC/1L of leather tanning liquid waste.

**Keywords:** coagulation, flocculation, leather waste, PAC, turbidity, optimum dose

#### **Intisari:**

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui dosis optimum koagulan PAC pada pengolahan limbah penyamakan kulit proses koagulasi-flokulasi. Penelitian dilakukan dengan metode jar tes untuk mengolah limbah cair penyamakan kulit secara koagulasi-flokulasi. Koagulasi dilakukan dengan variasi dosis koagulan PAC 1%, 2%, 3%, 4%, dan 5% masing-masing 5 mL dimasukkan ke dalam gelas beaker berisi 300 mL limbah cair penyamakan kulit. Koagulasi dilakukan dengan pengadukan cepat 100 rpm selama 1 menit. Selanjutnya dilakukan flokulasi dengan menggunakan polielektrolit baseflok 1% masing-masing 3 mL. Flokulasi dengan pengadukan lambat 25 rpm selama 15 menit. Hasil jar tes diukur turbiditas, pH, dan dilihat jenis floknya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dosis optimum koagulan PAC untuk mengolah limbah penyamakan kulit adalah PAC 2% sebanyak 5 mL untuk volume limbah 300 mL, pada pH 7. Hasil ini dapat dikonversi ke dalam gram PAC/volume limbah yaitu 0,1 gram PAC/300 mL limbah atau 0,33 gram PAC/1L limbah cair penyamakan kulit.

## Pendahuluan

Industri penyamakan kulit adalah industri yang mengolah kulit mentah menjadi kulit jadi atau *leather finish* yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan manusia seperti tas, jaket, sepatu, sarung tangan, sarung sofa dan lain-lain. Kulit mentah diolah melalui beberapa tahapan yaitu proses basah (BHO), tanning, pasca tanning, dan finishing. Bahan tanning meliputi bahan mineral, tanin, aldehyd, dan syntan (syntetic tannin). Proses penyamakan kulit menggunakan berbagai macam bahan kimia dengan jumlah yang banyak, yang menghasilkan limbah cair maupun padat.

Menurut *Bureau Veritas Consumer Product Services* (2014), sekitar 80-85% kulit di dunia disamak menggunakan krom. Reaksi garam krom dengan gugus karboksilat dari kolagen kulit, menjadikan kulit memiliki stabilitas hidrotermal tinggi, yaitu suhu pengerutan ( $T_s$ )  $100^\circ\text{C}$ , dan tahan terhadap serangan mikroorganisme. Kromium telah terbukti merupakan salah satu bahan penyamak kulit yang efektif menghasilkan kulit samak memiliki sifat bagus dalam hal kestabilan dimensi, kekuatan mekanik, daya tahan, resistance, dan fleksibel untuk membuat berbagai produk kulit. Menurut Nashy, *et al.*, (2012), penyamakan kulit menggunakan kromium akan dihasilkan kulit samak yang memiliki sifat lebih baik apabila dibandingkan dengan penggunaan bahan penyamak lainnya. Sifat tersebut seperti stabilitas termal yang tinggi, ringan, dan memiliki kekuatan tinggi. Namun, menurut Krishnamoorthy, *et al.*, (2013) dan Zhang, *et al.*, (2019), dari total zat penyamak krom yang digunakan, hanya kurang lebih 60% yang diserap ke dalam kulit, sisanya berada di air limbah.

Menurut Nugraha *et al.* (2020), industri penyamakan kulit menghasilkan limbah dalam jumlah yang cukup besar, yaitu sekitar  $29,3\text{ m}^3$  limbah cair dan 1,75 ton (bb) limbah padat dari 1,5 ton kulit garaman yang digunakan. Sementara itu, menurut Bhargavi *et al.* (2015) dan Sekaran *et al.* (2007) menyatakan 1 kg kulit akan menghasilkan limbah cair sebesar 30-35 liter dan limbah padat sebanyak 0,7 kg. Industri penyamakan kulit merupakan salah satu industri yang sering dipermasalahkan karena limbahnya yang berpotensi mencemari lingkungan disekitarnya baik melalui tanah, air, udara [4].

Beberapa tahun terakhir, limbah cair yang mengandung ion logam berat telah menyebabkan masalah lingkungan yang serius, terutama yang berkaitan dengan pencemaran tanah [9]. Bahaya krom (III) jika dibuang ke lingkungan berpotensi teroksidasi menjadi kromium heksavalen berbahaya Cr (VI) yang merupakan ancaman bagi kesehatan manusia [10]. Keberadaan kromium heksavalen dalam kulit tersamak juga membahayakan kesehatan manusia. Sejak tahun 1994 ditemukan keberadaan Cr (VI) pada kulit samak dalam jumlah kecil (*trace*) sehingga penggunaan kromium sebagai bahan penyamak kulit telah banyak menarik perhatian. Hal tersebut disebabkan karena Cr (VI) dapat menyebabkan kanker, alergi kulit, dan nekrosis hati serta ginjal [11].

Pengolahan limbah yang dilakukan untuk menurunkan bahan pencemar pada limbah cair yaitu dengan proses kimia, fisika, atau biologi. Salah satu pengolahan limbah secara kimia yaitu proses koagulasi dan flokulasi. Keefektifan proses koagulasi dan flokulasi tergantung pada dosis, jenis koagulan, pH, dan suhu. 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 inti flok, sedangkan flokulasi merupakan

suatu proses penggabungan inti flok menjadi flok dengan ukuran besar yang memungkinkan dapat dipisahkan dengan sedimentasi [12].

Penentuan dosis, pH, kecepatan optimum koagulan dan flokulan dapat dilakukan pada skala laboratorium dengan metode jar tes. Menurut Husaini (2018), jar tes adalah suatu metode pengujian untuk mengetahui kemampuan suatu koagulan dan menentukan kondisi operasi (dosis) optimum pada proses penjernihan air dan air limbah. Besaran yang diukur dan dicatat dalam jar tes ini meliputi pH air limbah dan kekeruhannya serta dosis penambahan koagulan untuk volume air limbah tertentu, sehingga dapat diketahui jumlah kebutuhan koagulan dalam pengolahan air limbah yang sebenarnya. Metode jar tes mensimulasikan proses koagulasi dan flokulasi untuk menghilangkan padatan tersuspensi (*suspended solid*) dan zat-zat organik yang dapat masalah kekeruhan, bau dan rasa. Apabila percobaan dilakukan secara tepat, informasi yang berguna akan diperoleh untuk membantu operator IPAL (Instalasi Pengolahan Air Limbah) dalam mengoptimalkan proses koagulasi, flokulasi dan penjernihan. Jar tes memberikan data mengenai kondisi optimum untuk parameter-parameter proses seperti: dosis koagulan dan flokulan, pH, metode pembubuhan bahan kimia, kecepatan aliran larutan kimia, waktu dan intensitas pengadukan cepat (koagulasi) dan pengadukan lambat (flokulasi) serta waktu penjernihan [14]. Berdasarkan hal tersebut, maka diambil judul "Optimasi Dosis PAC Untuk Pengolahan Limbah Penyamakan Kulit Pada Proses Koagulasi-Flokulasi.

## **Metode Penelitian**

### **Alat dan Bahan**

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu flokulator, turbidimeter, gelas beaker 500 ml sebanyak 5 buah dan gelas beaker berukuran 100 ml sebanyak 5 buah, kertas pH, gelas ukur 100 mL, pengaduk, kaca arloji, neraca analitik, pipet tetes, pipet volume 5 ml, labu ukur berukuran 100 mL sebanyak 6 buah, corong kaca, kertas label.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu sampel limbah cair penyamakan kulit. Koagulan PAC 1%, 2%, 3%, 4%, dan 5%. Flokulan yang digunakan yaitu polielektrolit baseflok 1% dan akuades sebagai pelarut.

### **Metode**

Metode kerja pada penelitian ini yaitu dengan jar tes, diawali dengan pengukuran pH sampel limbah awal dan diatur pada pH 7 karena PAC bekerja efektif pada pH 6-9. Sampel limbah awal masing-masing 300 mL dimasukkan ke dalam masing-masing gelas beaker berukuran 500 mL (5 gelas beaker). Masing-masing sampel limbah diberi label berdasarkan dosis koagulan yang digunakan. Setelah itu ke dalam masing-masing gelas beaker ditambahkan 5 mL koagulan PAC dengan konsentrasi berbeda yaitu: 1%, 2%, 3%, 4%, dan 5%. Proses koagulasi dilakukan dengan alat flokulator. Kecepatan flokulator pada proses koagulasi diatur 100 rpm dengan waktu 1 menit. Flokulator dinyalakan hingga alat berhenti sesuai dengan waktu yang telah ditetapkan. Selanjutnya dilakukan flokulasi dengan flokulan polielektrolit baseflok 1% ditambahkan ke dalam masing-masing sampel limbah sebanyak  $\pm 3$  mL. Pengaturan kecepatan flokulator pada proses flokulasi yaitu 25 rpm dengan waktu 15 menit. Sampel limbah yang sudah diolah secara koagulasi dan flokulasi dengan jar tes didiamkan selama 15 menit sampai flok-flok mengendap dengan sempurna. Pengukuran turbiditas dilakukan dengan alat turbidimeter.

## Hasil dan Pembahasan

Proses koagulasi dan flokulasi adalah satu proses yang berurutan. Koagulasi merupakan proses menggumpalkan partikel koloid yang tidak mengendap menjadi partikel lebih besar yang dapat diendapkan. Koagulan yang digunakan adalah bahan kimia yang mempunyai muatan sehingga dapat mendestabilkan partikel koloid yang stabil menjadi tidak stabil dan dapat diendapkan. Flokulasi dilakukan setelah koagulasi, untuk mengendapkan partikel kecil dari proses koagulasi agar mengendap lebih cepat. Proses koagulasi flokulasi dapat digunakan untuk mengendapkan partikel koloid dan ion logam sehingga setelah proses ini larutan menjadi lebih jernih dan terbentuk endapan. Pada penelitian ini koagulasi flokulasi digunakan untuk mengolah limbah cair penyamakan kulit. Koagulan yang digunakan yaitu polialumunium clorida (PAC). Penelitian dilakukan untuk mengetahui dosis optimum PAC yang dapat digunakan untuk mengolah limbah penyamakan kulit. Hasil penelitian diukur turbiditas, pH, dan jenis flok. Hasil penelitian dengan jar tes diukur turbidimeter (kekeruhan), pH, dan pengamatan visual dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Hasil Pengamatan Koagulan PAC Setelah Jar Tes

Dosis koagulan PAC	Jenis flok	Warna limbah	pH akhir	Turbiditas (NTU)	% Penurunan Turbiditas
Limbah Murni	Flok tidak terlihat, warna keruh	-	-	1882	-
PAC 1%	Flok mengendap, flok berukuran besar	Warna agak keunguan/ungu muda, larutan sedikit jernih	pH 7	274	85%
PAC 2%	Flok mengendap, flok berukuran besar	Warna agak keunguan/ungu muda, larutan jernih	pH 7	96	95%
PAC 3%	Flok mengendap, flok berukuran besar	Warna ungu tua, larutan sedikit jernih	pH 7	131,5	93%
PAC 4%	Flok melayang, flok berukuran kecil	Warna ungu tua, larutan sedikit keruh	pH 6	124	93%
PAC 5%	Flok melayang, flok berukuran sangat kecil	Warna ungu tua, larutan keruh	pH 6	67	96%

Sumber: Hasil penelitian di Laboratorium Limbah Politeknik ATK Yogyakarta

Tabel 1 menunjukkan hasil proses koagulasi-flokulasi dengan koagulan PAC dengan berbagai konsentrasi. Berdasarkan dari pengukuran turbiditas dan jenis flok, maka dosis PAC 2 % sebanyak 5 mL merupakan dosis optimum yang mampu menurunkan turbiditas sebanyak 95% dengan jenis flok mengendap. Nilai turbiditas yang rendah menunjukkan nilai kekeruhan air rendah, yang berarti air lebih jernih dengan turbiditas rendah. Pada PAC 5% meskipun mampu

menurunkan turbiditas 96%, tetapi jenis flok melayang dan berukuran kecil sehingga tidak dipilih sebagai dosis optimum koagulan PAC sebagai pengolah limbah penyamakan kulit ini. Hasil koagulasi flokulasi optimum ditandai dari nilai kekeruhan limbah cair yang rendah (menurun) dan flok yang mengendap tidak melayang. Pemilihan dosis optimum koagulan dan flokulan didasarkan pada dua hal, yaitu:

### ***Turbiditas yang kecil***

Turbiditas kecil/rendah berarti kekeruhan air limbah hasil pengolahan rendah atau mendekati jernih

### ***Jenis flok***

Flok yang dikehendaki dari hasil pengolahan limbah adalah flok yang mengendap bukan melayang, sehingga tidak mengotori kembali limbah cair yang sudah diolah. Sedangkan endapan yang dihasilkan dapat dipisahkan dan masuk dalam pengolahan limbah padat. Proses koagulasi dan flokulasi limbah cair sangat diperlukan untuk memisahkan partikel/koloid yang ada pada limbah cair. Koagulasi merupakan proses destabilisasi partikel koloid dengan pengadukan cepat dan dilakukan penambahan senyawa kimia yang disebut koagulan. Sedangkan flokulasi suatu proses pengadukan lambat untuk membentuk flok dengan tujuan mengikat antar partikel koloid dengan penambahan flokulan/polimer. Pada proses koagulasi dan flokulasi air limbah menggunakan *jar tes*, dan PAC sebagai koagulan berfungsi untuk mendestabilisasi partikel koloid di dalam air limbah untuk membentuk mikro flok. Proses koagulasi dilanjutkan dengan flokulasi yaitu partikel-partikel kecil akan bergabung membentuk flok yang lebih besar untuk menyerap zat organik yang larut sehingga mengendap dengan cepat [15]. Proses koagulasi akan menyebabkan partikel kecil yang tersuspensi saling melekat sehingga dapat menghilangkan zat terlarut dengan cara pengendapan. Proses pembentukan endapan pada proses koagulasi flokulasi dengan urutan koloid, inti flok, dan flok.

Koagulan PAC 2% sebanyak 5 mL merupakan dosis optimum untuk mengolah limbah penyamakan kulit yang mampu menggumpalkan larutan yang keruh, sehingga memungkinkan untuk memisah dari medium larutannya. Selain itu pada penggunaan PAC 2% sebagai koagulan, pH air hasil pengolahan tidak mengalami penurunan pH yang cukup tinggi. Zand (2015) mengatakan bahwa kekeruhan yang rendah dapat mengganggu proses koagulasi akibat konsentrasi partikel stabil (koloid) yang rendah. Menurut Zand (2015), proses koagulasi dipengaruhi oleh pH, dosis koagulan serta kekeruhan awal air baik untuk koagulan  $FeCl_3$  maupun PAC. Pemilihan dosis optimum selain dari kekeruhan akhir yang diukur setelah *jar tes*, juga ditentukan berdasarkan besar ukuran flok yang terbentuk serta waktu pengendapan flok. Menurut pendapat Fachrul (2020), waktu dan kecepatan pengadukan tidak mempengaruhi nilai turbiditas, hal ini disebabkan karena sisa partikel koloid setelah dilakukan *treatment* dalam air sangat kecil. Senyawa PAC lebih mudah bereaksi dengan partikel yang terdapat di dalam air dan proses koagulasi flokulasi karena sifat koagulan ini, tidak membutuhkan dosis yang terlalu besar karena *Poly Aluminium Chlorida* (PAC) memiliki keunggulan yaitu terbukti lebih efisien dalam dosis yang lebih rendah, *range* pH yang lebih luas, tidak terpengaruh suhu dan koloid daripada koagulan konvensional sederhana, yang akan mempengaruhi biaya dan operasi pengolahan air yang lebih efektif.

Pada dasarnya penentuan dosis koagulan ini digunakan sebagai dasar pengolahan limbah pada skala yang lebih besar. Sehingga pada hasil *jar tes* dosis optimum koagulan PAC untuk mengolah limbah penyamakan kulit sebanyak 300 mL dibutuhkan 5 mL PAC 2% . Hal ini dapat

p-ISSN : 1411-7703

e-ISSN : 2746-2625

dikonversi ke dalam formulasi gram koagulan/ volume limbah, sehingga 5 mL PAC 2% untuk 300 mL limbah cair berarti sama dengan dibutuhkan 0,1 gram PAC/300 mL limbah cair atau sebesar 0,33 gram PAC/1 L sampel limbah cair. Formulasi gram tidak mengharuskan koagulan dibuat dalam konsentrasi 2%, tetapi ditimbang 0,1 gram PAC untuk mengolah limbah 300 mL. Pada penerapannya PAC yang ditimbang tersebut tentu harus dilarutkan dahulu sampai sempurna baru dimasukkan ke dalam air limbah untuk proses koagulasi-flokulasi. Hasil ini dapat dikonversi lebih lanjut untuk pengolahan limbah dengan volume yang lebih besar sampai ribuan liter.

## Kesimpulan

Dosis optimum koagulan PAC untuk mengolah limbah penyamakan kulit adalah PAC 2% sebanyak 5 mL untuk 300 mL limbah cair. Hasil optimum 5 mL PAC 2% untuk 300 mL limbah cair dapat dikonversi ke dalam gram PAC menjadi 0,1 gram PAC/300 mL limbah cair atau sebesar 0,33 gram PAC/1 L sampel limbah cair. Hasil penelitian ini dapat dilanjutkan untuk diukur penurunan kadar krom setelah proses koagulasi flokulasi.

## Ucapan terima kasih

Penulis berterima kasih atas dukungan dan kerjasama dari Politeknik ATK Yogyakarta, Indonesia.

## Daftar Pustaka

- [1]. Nugraha, A. W., Suparno, O., Indrasti, & Nastiti. 2020. Analisis Potensi Jejak Karbon Limbah Cair Dan Listrik Pada Proses Penyamakan Kulit. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 256-264.
- [2]. Bhargavi NRG, Jayakumar GC, Sreeram KJ, Rao JR, Nair BU. 2015. Towards sustainable leather production: vegetabel tanning in non – aqueous medium. *Journal of the American Leather Chemists Association*.
- [3]. Sekaran G, Swarnalatha S, dan Srinivasulu T. 2007. Solid waste management in leather sector. *Journal Design and Manufacturing Technologies*.
- [4]. Pratama, Y., Juhana, S., Yuliatmo, R., 2021. Metode Filtrasi Menggunakan Media Arang Aktif, Zeolit, Dan Pasir Silika Untuk Menurunkan Amonia Total (N-Nh3) Dan Sulfida (S2-) Pada Air Limbah Outlet Industri Penyamakan Kulit. *Berkala Penelitian Teknologi Kulit, Sepatu, dan Produk Kulit* Vol.20, No 1.39-53.
- [5]. Bureau Veritas Consumer Product Services. 2014. EU Restricts Chromium VI in Leather Articles, *Bulletin a14 B-011*.
- [6]. Nashy, E. H. A., Osman, O., Aziz, A., & Ibrahim, M. 2012. Spectrochimica Acta Part A : Molecular and Biomolecular Spectroscopy Molecular Spectroscopic Study For Suggested Mechanism Of Chrome Tanned Leather. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 88, 171.
- [7]. Krishnamoorthy, G., Sadulla, S., Sehgal, P.K., Mandal, A.B., 2013. Greener Approach To Leather Tanning Process: D-Lysine Aldehyde As Novel Tanning Agent For Chrome-Free Tanning. *Journal of Cleaner Production*, 42, 277-286.
- [8]. Zhang, Y., Buchanan, J.K., Holmes, G., Mansel, B.W., Prababar, S., 2019. Collagen structure changes during chrome tanning in propylene carbonate. *Journal of Leather Science and*

p-ISSN : 1411-7703

e-ISSN : 2746-2625

*Engineering*, 1(8), 1-7.

- [9]. Oyekanmi, A. A., Ahmad, A., Hossain, K., Rafatullah, M., 2019. Statistical Optimization For Adsorption Of Rhodamine B Dye From Aqueous Solutions. *Journal of Molecular Liquids*, 281, 48–58.
- [10]. Wang, B., Sun, Y., Sun, R., 2019. Fractional And Structural Characterization Of Lignin And Its Modification As Biosorbents For Efficient Removal Of Chromium From Wastewater: A Review. *Journal of Leather Science and Engineering*, 1(5), 1-25.
- [11]. Jing, C., Nan, Z., Wuyong, C. & Shiyu, S. 2017. Controlling Cr (VI) in Leather : A Review From Passive Prevention To Stabilization Of Chromium Complexes. *Journal of The American Leather Chemists Association*, 112, 250–257.
- [12]. Devega, Linda, Yusniar Hanani Darundiati, and Onny Setiani. 2019. "Efektivitas Variasi Dosis Koagulan PAC (Poly Aluminium Chloride) dalam Menurunkan Kadar Logam Berat Kromium (Cr) Pada Limbah Cair Penyamakan Kulit." *Jurnal Kesehatan Masyarakat (UNDIP)* 7.4 : 180-186.
- [13]. Husaini. 2018. Perbandingan Koagulan Hasil Percobaan Dengan Koagulan Komersial Menggunakan Metode Jar Tes. *Jurnal Teknologi Mineral dan Batubara*, 14-31.
- [14]. Juhana, S. 2021. *Modul Pembelajaran Berbasis Kompetensi Teknik Pengolahan Limbah*, 2-15. Program Studi Teknologi Pengolahan Kulit Politeknik ATK Yogyakarta.
- [15]. Rahimah, Z., Heliyanur Heldawati, dan Isna Syauqiah. 2016. *Pengolahan Limbah Deterjen dengan Metode Koagulasi-Flokulasi Menggunakan Koagulan Kapur dan PAC*. Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Lambung Mangkurat.
- [16]. Zand, A. H. 2015. Comparing Aluminium Sulfate and Poly-Aluminium Chlorida (PAC) Turbidity Removal from Synthetic Water. *J. Appl. Biotechnol Reports* , 287-292.
- [17]. Fachrul, M. N. 2020. *Kombinasi Koagulan dan Flokulan Dalam Pengolahan Air Limbah Industri Farmasi*. Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya, 339-344.