

# Penentuan Jenis dan Dosis Koagulan dalam Mengolah Air Limbah Industri Penyamakan Kulit

Eka Wardhani, Mila Dirgawati, Dadan Fikriansyah Astadipura  
Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Itenas Bandung  
e-mail: ekw\_wardhani@yahoo.com

## ABSTRAK

Industri Penyamakan kulit merupakan industri yang menghasilkan air limbah dengan katagori B3 yang akan berbahaya jika dibuang langsung ke badan air penerima. Maksud penelitian ini adalah mengolah air limbah industri penyamakan kulit dengan metode koagulasi-flokulasi, dengan tujuan untuk mengetahui kemampuan proses koagulasi-flokulasi serta penentuan jenis dan dosis koagulan optimum dalam penyisihan parameter pencemar air limbah industri penyamakan kulit. Limbah berasal dari industri penyamakan kulit di Sukaregang, Kabupaten Garut, Jawa Barat yang telah mencemari lingkungan sejak tahun 1920 khususnya di badan air sungai Ciwalen. Parameter pencemar yang dihasilkan industri penyamakan kulit antara lain Krom total (Cr), Total Suspended Solid (TSS), Amoniak, Chemical Oxygen Demand (COD) dan Biochemical Oxygen Demands ( $BOD_5$ ). Penelitian dilakukan menggunakan proses koagulasi-flokulasi sistem Batch menggunakan alat Jar Test di Laboratorium Jurusan Teknik Lingkungan Itenas. Koagulan yang digunakan yaitu: Alumunium sulfat ( $Al_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O$ ), Poly Aluminium Chloride (PAC), dan Besi (III) Clorida ( $FeCl_3$ ). Ketiga koagulan tersebut diberi perlakuan pada 5 (lima) konsentrasi yang berbeda yaitu: 1.200, 1.500, 3.000, 6.000, 12.000 ppm dengan tiga kali pengulangan. Hasil penelitian menunjukkan efisiensi penyisihan parameter TSS,  $BOD_5$ , COD, Krom total menggunakan koagulan Alumunium Sulfat berturut-turut adalah: 97,19%, 95,08%, 64,07%, 50,922%, efisiensi penyisihan menggunakan koagulan PAC berturut-turut adalah: 99,56%, 98,17%, 91,02%, 90,06%, dan efisiensi penyisihan menggunakan koagulan  $FeCl_3$  berturut-turut adalah: 99,31%, 93,84%, 81,98%, 43,61% dengan konsentrasi optimum untuk masing-masing koagulan adalah 3.000 ppm. Berdasarkan hasil penelitian disimpulkan bahwa koagulan PAC mempunyai efisiensi penyisihan terbesar dibanding koagulan Alumunium Sulfat dan  $FeCl_3$  dalam mengolah air limbah industri penyamakan kulit.

**Kata kunci:** Air limbah Industri penyamakan kulit, koagulasi-Flokulasi, Alumunium sulfat, PAC, Feri Clorida,

## ABSTRACT

Tanneries industries are industries that produce hazardous wastewater that can be harmful if discharged directly into receiving water bodies. The purpose of this research was to remedy the wastewater of leather tanning industry by coagulation-flocculation method and investigated the ability of coagulation-flocculation process as well as determined optimum dose of the used coagulants. The wastewater sample belonged to one of tanneries industries in Sukaregang Garut, West Java, which predicted has been polluting the Ciwalen river since 1920. The parameters to be concerned were Total chromium (Cr), Total Suspended Solid (TSS), Ammonia, Chemical Oxygen Demand (COD) and Biochemical Oxygen Demands ( $BOD_5$ ) which exceeded the effluents standard for tannery industries. In this study, the coagulation-flocculation process used batch system with three different coagulants, namely Aluminum sulfate ( $Al_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O$ ), Poly Alum Chloride (PAC), and Iron (III) Chloride ( $FeCl_3$ ). Three coagulants were applied in 5 (five) different concentrations: 1..200, 1.500, 3.000, 6.000, 12.000 ppm with three repetitions. The results showed the removal efficiency of TSS,  $BOD_5$ , COD and total chromium parameters for aluminum sulfate coagulant: 97.19%, 91.60%, 78.96%, 68.62% respectively; PAC coagulant : 99.56%, 96.88%, 94.74%, 93.65%, respectively; and  $FeCl_3$  coagulant : 99.31%, 89.47%, 89.45%, 79 .57% respectively. The optimum concentration of each coagulant was reached at 3,000 ppm. Based on the removal efficiencies comparison, it can be concluded that the PAC coagulants have the greatest removal efficiency compared to the aluminum sulfate coagulant and  $FeCl_3$  in treating the wastewater.

**Key Words:** leather tannery industry, coagulation-flocculation, Alumunium sulfat, PAC, Ferry Chloride, Wastewater

## 1. PENDAHULUAN

Industri Penyamakan kulit merupakan industri yang menghasilkan air limbah dengan katagori B3 (Bahan Beracun Berbahaya). Limbah B3 jika dibuang langsung ke badan air dapat menimbulkan bahaya terhadap lingkungan, kesehatan manusia serta mahluk hidup lainnya. Mengingat risiko tersebut, maka perlu diupayakan agar setiap kegiatan industri dapat meminimalkan limbah B3 yang dihasilkan. Limbah industri penyamakan kulit di Sungkaregang, Kabupaten Garut, Jawa Barat mencemari lingkungan sejak tahun 1920 (SLHD Kabupaten Garut, 2011). Pemerintah Kabupaten Garut terus berupaya menekan sekecil mungkin tingkat pencemaran limbah itu, terutama pencemaran di Sungai Cigulampeng dan Sungai Ciwalen, yang telah menimbulkan gangguan kesehatan terhadap masyarakat pengguna kedua sungai tersebut.

Limbah cair industri penyamakan kulit mengandung parameter pencemar diantaranya *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Biochemical Oxygen Demand* (BOD<sub>5</sub>), Nitrogen sebagai N, Sulfida, Krom total, dan minyak dan lemak. Senyawa Krom (Cr) dalam limbah cair industri penyamakan kulit berasal dari proses produksi yang menggunakan senyawa Krom sulfat dengan presentase 60%-70% yang tidak semuanya dapat terserap oleh kulit pada saat proses penyamakan sehingga sisanya dikeluarkan dalam bentuk limbah cair.

Berbagai macam usaha yang dilakukan untuk mengolah air limbah industri penyamakan kulit terutama untuk mengurangi konsentrasi logam krom dalam air limbah tersebut seperti proses Koagulasi-Flokulasi, presipitasi kimia dengan menggunakan berbagai jenis larutan alkali, dan pengolahan biologi menggunakan Lumpur Aktif (Metcalf and Eddy, 2004). Proses Koagulasi-flokulasi dipilih dalam penelitian ini karena proses ini telah banyak diterapkan untuk mengolah air limbah industri di Jawa Barat (EPCM, 2003), serta berdasarkan hasil pemantauan lapangan di lokasi penelitian telah dibangun instalasi pengolahan air limbah (IPAL) menggunakan proses ini tetapi tidak berjalan karena terkendala kurangnya pemahaman pengelola IPAL. Proses Koagulasi Flokulasi merupakan proses menggumpalkan partikel-partikel koloid dan zat-zat organik yang tersuspensi, tahapan proses ini yaitu destabilisasi partikel koloid, pembentukan mikroflor dan aglomerasi. Kefektifan proses koagulasi dipengaruhi oleh jenis koagulan, konsentrasi, pH larutan dan kekuatan ion dari koagulan (Metcalf and Eddy, 2004).

Berdasarkan uraian tersebut, maka dapat dirumuskan hipotesis bahwa proses Koagulasi-Flokulasi dapat menurunkan parameter pencemar limbah penyamakan kulit yang melebihi baku mutu, dengan menggunakan jenis dan dosis koagulan yang tepat. Maksud penelitian ini adalah mengolah air limbah industri penyamakan kulit dengan proses Koagulasi-Flokulasi, dengan tujuan yaitu: mengetahui konsentrasi parameter pencemar pada air limbah penyamakan kulit, mengetahui kemampuan proses Koagulasi-Flokulasi dalam pengolahan air limbah penyamakan kulit, mengetahui kondisi optimum yang mempengaruhi proses Koagulasi-Flokulasi, dan mengetahui jenis dan jumlah koagulan yang tepat untuk menyisihkan konsentrasi parameter pencemar sehingga dihasilkan air limbah yang sesuai dengan BMLC (Baku Mutu Limbah Cair) industri penyamakan kulit yang telah ditentukan.

Penelitian ini dibatasi oleh ruang lingkup sebagai berikut:

- Sampel air limbah berasal dari industri penyamakan kulit di kawasan industri Sukaregang Garut yang diambil pada tanggal 4 Oktober pukul 04:00 WIB.
- Jenis koagulan yang dipergunakan yaitu: Alumunium sulfat ( $Al_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O$ ), Besi (III) Clorida ( $FeCl_3$ ), dan *Poly Aluminium Chloride* (PAC), dengan variasi dosis koagulan: 1.200, 1.500, 3.000, 6.000, dan 12.000 ppm, dimana nilai tersebut berdasarkan hasil penelitian awal dan studi literatur yang telah dilakukan (Lofrano et.al, 2006).
- Setiap perlakuan dilakukan 3 (tiga) kali pengulangan dimana hasil akhir merupakan rata-rata dari ketiga nilai tersebut
- Penelitian menggunakan proses koagulasi-flokulasi menggunakan sistem *batch* dalam alat *Jar test* di Laboratorium Teknik Lingkungan Itenas.
- Baku Mutu yang dipergunakan merujuk pada SK Gubernur TK 1 Jawa Barat No. 6 Tahun 1999 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri di Jawa Barat

- Analisa yang dilakukan meliputi perhitungan efisiensi untuk parameter yang melebihi baku mutu yaitu *Total Suspended Solid (TSS)*, *Biochemical Oxygen Demand (BOD<sub>5</sub>)*, *Chemical Oxygen Demand (COD)*, dan Krom total

## 2. METODOLOGI

Penelitian ini merupakan penelitian skala laboratorium untuk menganalisa efisiensi penurunan parameter pencemar limbah penyamakan kulit menggunakan koagulasi-flokulasi. Keadaan optimum proses koagulasi-flokulasi menjadi penting diketahui selama percobaan dilakukan agar diperoleh hasil yang maksimal.

Penelitian terdiri dari dua tahapan, yaitu: penelitian pendahuluan merupakan analisa laboratorium untuk mengetahui kualitas air limbah penyamakan kulit berdasarkan parameter-parameter yang terdapat pada Baku Mutu Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit dan penelitian utama dengan dua tujuan yang akan dicapai yaitu konsentrasi serta jenis koagulan yang tepat untuk penyisihan parameter pencemar limbah penyamakan kulit menggunakan proses Koagulasi-Flokulasi secara *batch*.

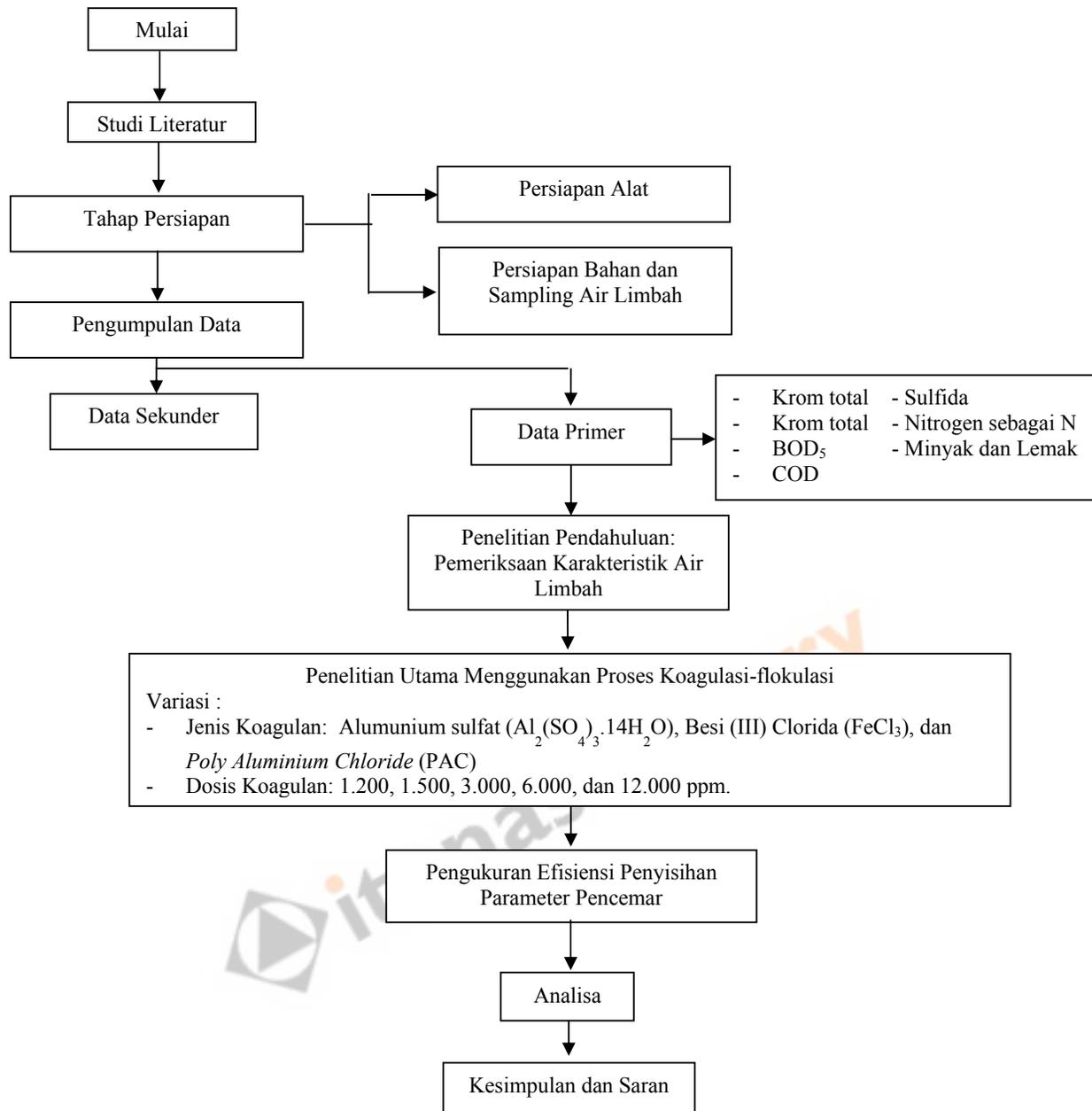
Data yang diperoleh disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk mempermudah dalam menarik kesimpulan dan interpretasi data hasil percobaan. Secara umum, bagan air metodologi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1. Berdasarkan Gambar 1, penelitian dimulai dengan studi literatur yang diperlukan untuk mendukung kajian-kajian yang ada pada penelitian ini. Literatur dapat bersumber pada: jurnal, tugas akhir, buku teks, internet dan laporan penelitian lain. Tahap persiapan dilakukan untuk menentukan teknik sampling di lokasi, analisa karakteristik sampel limbah sebelum diolah, persiapan alat dan bahan. Sampling perlu dilakukan sebelum melakukan tahap penelitian. Sampling masuk ke dalam tahap persiapan karena diperlukannya data-data primer yang bertujuan untuk mengetahui karakteristik dari air limbah tersebut.

Pada penelitian ini metode pengambilan sampel yang digunakan adalah *Grab sample* (pengambilan sampel sesaat). Pengambilan sampel air limbah dilakukan pada *effluent* dari industri penyamakan kulit PT.X. Pengambilan sampel dilakukan tanggal 4 Oktober pukul 04:00 WIB. Sampel dengan konsentrasi kecil mudah mengalami perubahan secara fisika, kimia atau biologi. Oleh karena itu, sampel harus diawetkan sebelum mengalami degradasi ataupun penguapan. Tabel 1 menjabarkan cara pengawetan sampel yang dilakukan pada penelitian dan Tabel 2 menjabarkan alat dan bahan yang diperlukan pada saat pengambilan sampling dan penelitian.

**Tabel 1. Pengawetan Sampel**

Parameter	Wadah	Volume Minimum (mL)	Pengawetan	Batas Sampel
pH	Plastik	50	-	Segera
Suhu	Plastik	-	-	Segera
Krom total	Plastik	1.000	Dinginkan 4°C ± 2°C	24 Jam
Minyak dan Lemak	Gelas Borosilikat	1.000	Dinginkan 4°C ± 2°C	28 Hari
Amonia Total (sbg N)	Plastik/Gelas	200	Dinginkan 4°C ± 2°C + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	28 Hari
Nitrogen Total (sbg N)	Plastik/Gelas	540	Dinginkan 4°C ± 2°C + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	28 Hari
BOD <sub>5</sub>	Plastik/Gelas	4.500	Dinginkan 4°C ± 2°C	48 Jam
COD	Plastik/Gelas	10	Dinginkan 4°C ± 2°C + H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	28 Hari
Sulfida sebagai H <sub>2</sub> S	Plastik/Gelas	200	Dinginkan 4°C ± 2°C + NaOH	7 Hari
TSS	Plastik/Gelas	150	Dinginkan 4°C ± 2°C	7 Hari

Sumber: *Standard Methods 20&40 Edition*.



**Gambar 1. Bagan Alir Metodologi Penelitian**

Penelitian menggunakan sistem *batch* reactor dengan menggunakan alat *Jar Test* seperti yang disajikan pada Gambar 2, Gambar 3, dan Gambar 4.



**Gambar 2. Jarrest dengan Koagulan Besi (III) Clorida ( $\text{FeCl}_3$ ) (dari Kiri ke Kanan Dosis 12.000, 6.000, dan 3.000 ppm)**



**Gambar 3. Jarrest dengan Koagulan Alumunium sulfat ( $\text{Al}(\text{SO}_4)_3 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$ ) (dari Kiri ke Kanan Dosis 12.000, 6.000, dan 3.000 ppm)**



**Gambar 4. Jarrest dengan Koagulan Poly Aluminium Chloride (PAC) (dari Kiri ke Kanan Dosis 12.000, 6.000, dan 3.000 ppm)**

**Tabel 2. Alat dan Bahan Penelitian**

Alat		Bahan
Gelas kimia 1 L	Timbangan Analitik	Aquadest
Gelas kimia 150 mL	Stopwatch	$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 0,25 N
Botol semprot	Erlenmeyer	FAS 0,25 N
Jarrest	Corong Gelas	Alumunium Sulfat
pH meter	Kertas Saring	MgO
Kuvet COD	Pipet Tetes	PAC
Turbidimeter	Pipet Volumetrik	
Thermometer	Spektrofotometer	

Data yang diperoleh dalam penelitian ini berupa data sekunder dan data primer. Data sekunder dikumpulkan sebagai penunjang kajian dalam penelitian yang dilakukan. Data-data sekunder tersebut dapat diperoleh dari instansi-instansi terkait. Data-data yang dibutuhkan antara lain: karakteristik badan air penerima yaitu Sungai Ciwalen serta kondisi geografis lokasi penelitian. Data primer diperoleh melalui pengukuran karakteristik sampel dilakukan untuk mengetahui karakteristik fisik maupun kimia

dari limbah. Hasil dari pengukuran tersebut digunakan untuk evaluasi terhadap penyisihan parameter pendukung yang menjadi objek penelitian. Analisa karakteristik sampel dilakukan di Laboratorium Pengelolaan Kualitas Lingkungan Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Kota Bandung. Tabel 3 menjabarkan metode yang digunakan dalam analisa karakteristik sampel limbah.

**Tabel 3. Metode Pemeriksaan Karakteristik Sampel**

No	Parameter	Satuan	Metoda Acuan
<b>FISIKA</b>			
1	TSS	mg/L	SNI 06-6989.3:2004
<b>KIMIA</b>			
1	BOD <sub>5</sub>	mg/L	SNI 6989.72:2009
2	COD	mg/L	SNI 6989.2:2009
3	Krom total (Cr)	mg/L	SNI 6989.17:2009
4	Minyak Lemak	mg/L	SNI 06-6989.10:2004
5	Sulfida sebagai H <sub>2</sub> S	mg/L	SNI 6989.70:2009
6	pH	-	-

Sumber: Standar Nasional Indonesia, 2009

Penelitian pendahuluan dilakukan dengan mengidentifikasi parameter pencemar yang terdapat pada limbah penyamakan kulit PT. X kemudian membandingkannya terhadap standar baku mutu SK Gub TK. 1 Jawa Barat No 6 Tahun 1999 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri di Jawa Barat sehingga didapat data parameter pencemar yang melebihi baku mutu.

Langkah selanjutnya dilakukan penelitian utama. Penelitian dilakukan dengan melakukan variasi terhadap jenis dan konsentrasi koagulan. Pada penelitian ini jenis koagulan yang digunakan adalah Aluminium sulfat ( $Al_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O$ ), Besi (III) Clorida ( $FeCl_3$ ), dan *Poly Aluminium Chloride* (PAC), dengan konsentrasi koagulan yang digunakan yaitu: 1.200, 1.500, 3.000, 6.000, dan 12.000 ppm. Langkah berikutnya adalah pengukuran konsentrasi akhir parameter pencemar limbah penyamakan kulit.

Sebelum dilakukan penelitian penentuan konsentrasi optimum dilakukan penyesuaian nilai pH terlebih dahulu sehingga pH air limbah masuk ke pH optimum koagulan. Nilai pH optimum untuk ketiga koagulan tersebut berkisar antara 6,5-7. Penelitian koagulasi-flokulasi ini dilakukan dalam alat *Jar Test* dengan kecepatan yang dipergunakan adalah 100 rpm (rotasi per menit) dalam jangka waktu 1 menit dilanjutkan dengan kecepatan 60 rpm dalam waktu 10 menit. Setelah dilakukan proses koagulasi-flokulasi air limbah diendapkan terlebih dahulu selama kurang lebih 3-4 jam. Waktu pengendapan yang cukup lama dikarenakan sifat flok yang terbentuk masih cukup ringan sehingga membutuhkan waktu yang cukup lama. Untuk koagulan  $FeCl_3$  membutuhkan waktu 24 jam untuk mendapatkan cairan bening sebanyak 180 mL.

Hasil dan pembahasan meliputi pengujian parameter limbah penyamakan kulit yang melebihi standar baku mutu. Analisa ini dilakukan dengan membandingkan antara karakteristik awal dengan hasil pengolahan menggunakan koagulasi-flokulasi sehingga diperoleh presentase penyisihan parameter pencemar yang melebihi baku mutu pada sampel.

Data hasil penelitian dianalisa dalam bentuk tabel dan grafik. Efisiensi penyisihan setiap parameter dihitung dengan persamaan :

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{(\text{Konsentrasi awal} - \text{Konsentrasi akhir})}{\text{Konsentrasi awal}} \times 100 \%$$

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan dilakukan dengan mengidentifikasi parameter pencemar yang terdapat pada limbah penyamakan kulit PT. X kemudian membandingkannya terhadap standar baku mutu Surat Keputusan Gubernur Tingkat. 1 Jawa Barat No 6 Tahun 1999 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri di Jawa Barat, sehingga diperoleh data parameter pencemar yang melebihi baku mutu yang akan menjadi target pengolahan yang akan dilakukan. Hasil penelitian pendahuluan disajikan pada Tabel 4.

**Tabel 4. Effluent Limbah Cair Penyamakan Kulit**

No	Parameter	Satuan	*Baku Mutu	Hasil Pengujian	Metoda Acuan
<b>FISIKA</b>					
1	Daya Hantar Listrik	$\mu\text{mhos/Cm}$		45.02	SNI 06-6989.1-2004
2	TSS	mg/L	60	6.528 <sup>^</sup>	SNI 06-6989.3-2004
<b>KIMIA</b>					
1	BOD <sub>5</sub>	mg/L	50	475 <sup>^</sup>	SNI 6989.72:2009
2	COD	mg/L	110	811,19 <sup>^</sup>	SNI 6989.2:2009
3	Krom total (Cr)	mg/L	0,6	49,39 <sup>^</sup>	SNI 6989.17:2009
4	Minyak Lemak	mg/L	5	2,55	SNI 06-6989.10:2004
5	Sulfida sebagai H <sub>2</sub> S	mg/L	0,8	0,3	SNI 6989.70:2009
6	pH		6-9	5	Pengukuran

Sumber : Hasil Penelitian, 2011

Ket : \* SK Gub TK. 1 Jawa Barat No 6 Tahun 1999 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri di Jawa Barat

<sup>^</sup> = Melebihi standar baku mutu SK Gub TK. 1 Jawa Barat No 6 Tahun 1999 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri di Jawa Barat

Hasil penelitian pendahuluan yang diperoleh berupa parameter pencemar yang melebihi baku mutu yaitu BOD<sub>5</sub> (475 mg/L), COD (811,19 mg/L), TSS (6.528 mg/L) dan Krom total (49,39 mg/L). Data tersebut selanjutnya akan digunakan sebagai penunjang untuk penelitian utama. Pengukuran parameter pencemar dalam penelitian pendahuluan dilakukan di Laboratorium PDAM Kota Bandung.

Unit pengolahan air limbah yang dibutuhkan untuk mengolah air limbah penyamakan kulit ini harus memiliki efisiensi untuk sebesar 99,08% untuk menurunkan TSS, 89,47% untuk menurunkan BOD<sub>5</sub>, 86,44% untuk menurunkan COD, dan 98,79% untuk menurunkan Krom total sehingga air limbah dapat memenuhi baku mutu yang ditetapkan dan aman bagi lingkungan.

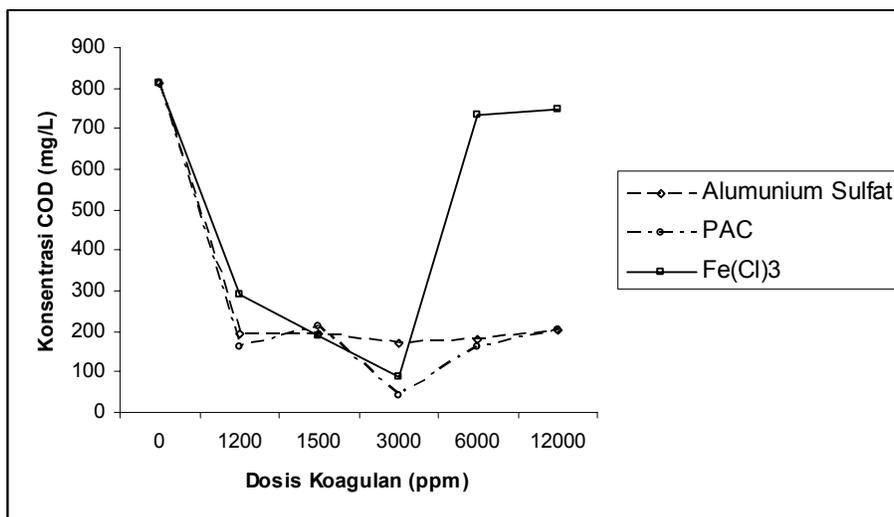
#### 3.2. Penelitian Utama

Penelitian utama terdiri dari penentuan jenis dan konsentrasi optimum koagulan untuk menurunkan air limbah penyamakan kulit. Penelitian pertama bertujuan untuk menentukan dosis koagulan dengan menggunakan 3 (tiga) jenis koagulan terpilih yaitu: Aluminium sulfat ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$ ), Besi (III) Clorida ( $\text{FeCl}_3$ ), dan *Poly Aluminium Chloride* (PAC), dengan variasi dosis sebesar: 1.200, 1.500, 3.000, 6.000, dan 12.000 ppm.

##### a. Analisa COD

*Chemical Oxygen Demand* (COD) adalah jumlah O<sub>2</sub> yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang ada dalam 1 Liter sampel air, dengan pengoksidasi K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> sebagai sumber oksigen (*oxidizing agent*) (Metcalf and Eddy, 2004). Angka COD juga merupakan

ukuran bagi pencemaran air dan mengakibatkan berkurangnya  $O_2$  dalam air. Gambar 5 menunjukkan hubungan konsentrasi koagulan terhadap parameter COD. Penelitian ini menganalisa penyisihan COD total dalam air limbah penyamakan kulit setelah diolah dengan proses Koagulasi-Flokulasi.



**Gambar 5. Grafik Hubungan Dosis Koagulan Alumunium Sulfat, PAC, dan Fe(Cl)<sub>3</sub> Terhadap Konsentrasi COD**

Berdasarkan Gambar 5 memperlihatkan hubungan antara koagulan Alumunium Sulfat, PAC, dan Fe(Cl)<sub>3</sub> terhadap perubahan konsentrasi COD. Pada proses Koagulasi-Flokulasi menggunakan koagulan Alumunium Sulfat dengan dosis 1.200 ppm dan 1.500 ppm menghasilkan angka COD total sebesar 192 mg/L. Konsentrasi COD total terendah yaitu 170,67 mg/L diperoleh pada dosis koagulan 3.000 ppm karena pada dosis koagulan yang lebih besar yaitu 6.000 ppm dan 12.000 ppm konsentrasi COD mengalami kenaikan lagi masing-masing 181,33 mg/L dan 202,67 mg/L.

Pada proses Koagulasi-Flokulasi menggunakan koagulan PAC dengan dosis 1.200 ppm menghasilkan angka COD total sebesar 160 mg/L. Ketika dosis koagulan dinaikan menjadi 1.500 ppm menghasilkan angka COD total sebesar 213,33 mg/L. Konsentrasi COD total terendah yaitu 42,67 mg/L diperoleh pada dosis koagulan 3.000 ppm karena pada dosis koagulan yang lebih besar yaitu 6.000 ppm dan 12.000 ppm konsentrasi COD mengalami kenaikan lagi masing-masing 160 mg/L dan 202,67 mg/L.

Pada proses Koagulasi-Flokulasi menggunakan koagulan Fe(Cl)<sub>3</sub> dengan dosis 1.200 ppm menghasilkan angka COD total sebesar 289 mg/L. Ketika dosis koagulan dinaikan menjadi 1.500 ppm menghasilkan angka COD total sebesar 189 mg/L. Konsentrasi COD total terendah yaitu 85,6 mg/L diperoleh pada dosis koagulan 3.000 ppm karena pada dosis koagulan yang lebih besar yaitu 6.000 ppm dan 12.000 ppm konsentrasi COD mengalami kenaikan yang cukup tinggi masing-masing 735 mg/L dan 750 mg/L.

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh dosis optimum untuk ketiga jenis koagulan yang dipergunakan yaitu sebesar 3.000 ppm, dosis tersebut dianggap optimum karena mampu menyisihkan konsentrasi COD terbesar, dengan efisiensi penyisihan 78,96% untuk koagulan Alumunium Sulfat, 94,73% untuk PAC, dan 89,45% untuk Fe(Cl)<sub>3</sub>. Koagulan yang mampu menyisihkan konsentrasi COD terbesar ditetapkan sebagai koagulan optimum, berdasarkan penelitian ini maka koagulan PAC sebagai koagulan optimum untuk menyisihkan COD yang terkandung dalam air limbah industri penyamakan kulit. Koagulan PAC mampu menyisihkan 87,6% konsentrasi COD total yang terkandung dalam air limbah penyamakan kulit dengan menggunakan dosis 700 mg/L (zhahui et.al, 2006) sedangkan penggunaan koagulan Poly Alumunium Ferric Chloride digabung dengan Cl(OH)<sub>2</sub> mampu menyisihkan 98% konsentrasi COD total yang terkandung dalam air limbah industri penyamakan kulit

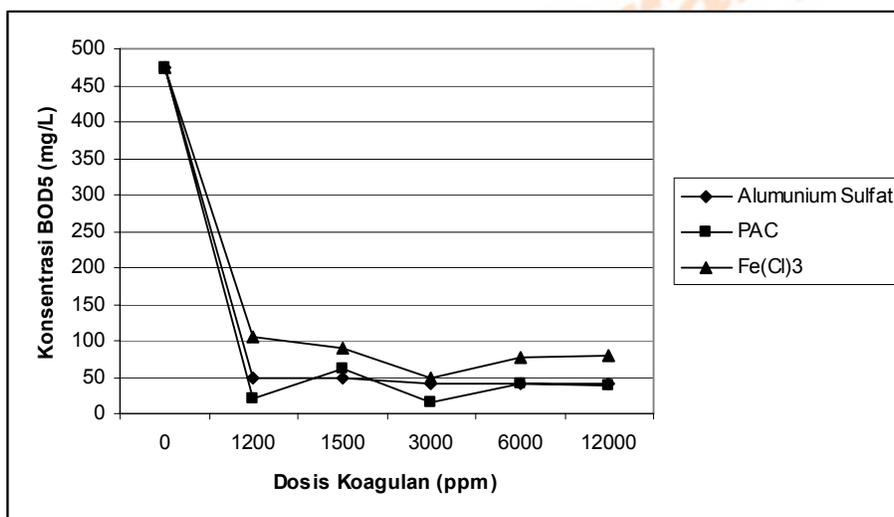
dengan dosis 900 mg/L (Lofrano et.al, 2006). Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa koagulan PAC tepat dipergunakan dalam proses pengolahan air limbah industri penyamakan kulit dengan proses koagulasi-flokulasi.

Koagulan PAC termasuk jenis polimer organik, jika mekanisme flokulasi didominasi oleh jembatan polimer, efisiensi flokulasi biasa akan bertambah dengan penambahan berat molekul. Pemanfaatan senyawa molekular yang sangat besar akan menaikkan berat molekul dan akan menurunkan sifat pelarutan. Bahan kimia polimer sering dipakai sebagai koagulan/flokulan pembantu dalam proses Koagulasi-Flokulasi, polimer berfungsi membantu membentuk makroflok yang akan menahan abrasi setelah terjadi destabilisasi dan pembentukan mikroflokk disebabkan oleh koagulan(Lofrano et.al, 2006).

Konsentrasi COD setelah diolah dengan proses Koagulasi-Flokulasi menggunakan koagulan PAC dengan dosis optimum 3 000 ppm yaitu 42,67 mg/L, telah memenuhi baku mutu yang ditetapkan berdasarkan SK Gub TK. 1 Jawa Barat No 6 Tahun 1999 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri di Jawa Barat Lampiran I.3 yaitu 110 mg/L.

#### b. Analisa BOD<sub>5</sub>

Nilai *Biochemical Oxygen Demand* (BOD<sub>5</sub>) menunjukkan kebutuhan oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk mengoksidasi bahan organik secara biokimia (Metcalf and Eddy, 2004). Gambar 6 menunjukkan grafik hasil pengukuran BOD<sub>5</sub> setelah proses Koagulasi-Flokulasi dengan tiga jenis koagulan yang berbeda.



**Gambar 6. Grafik Hubungan Dosis Koagulan Aluminium Sulfat, PAC, Fe(Cl)<sub>3</sub> Terhadap Konsentrasi BOD<sub>5</sub>**

Berdasarkan Gambar 6 memperlihatkan hubungan antara koagulan Aluminium Sulfat, PAC, dan Fe(Cl)<sub>3</sub> terhadap perubahan konsentrasi BOD<sub>5</sub>. Pada proses Koagulasi-Flokulasi menggunakan koagulan Aluminium Sulfat dengan dosis 1.200 ppm menghasilkan angka BOD<sub>5</sub> sebesar 49,09 mg/L tidak jauh berbeda dengan dosis koagulan 1.500 ppm yang menghasilkan konsentrasi BOD<sub>5</sub> sebesar 48,57 ppm. Konsentrasi BOD<sub>5</sub> terendah yaitu 39,89 mg/L diperoleh pada dosis koagulan 3.000 ppm pada dosis koagulan 6.000 dan 12.000 ppm konsentrasi BOD<sub>5</sub> mengalami sedikit kenaikan yaitu masing-masing sebesar 40,1 mg/L dan 40,3 mg/L.

Pada proses Koagulasi-Flokulasi menggunakan koagulan PAC dengan dosis 1.200 ppm menghasilkan angka BOD<sub>5</sub> total sebesar 21,71 mg/L. Ketika dosis koagulan dinaikan menjadi 1.500 ppm menghasilkan angka BOD<sub>5</sub> sebesar 61,21 mg/L. Konsentrasi BOD<sub>5</sub> terendah yaitu 14,82 mg/L

diperoleh pada dosis koagulan 3.000 ppm karena pada dosis koagulan yang lebih besar yaitu 6.000 ppm dan 12.000 ppm konsentrasi BOD<sub>5</sub> mengalami kenaikan lagi masing-masing 41,13 mg/L dan 38,57 mg/L.

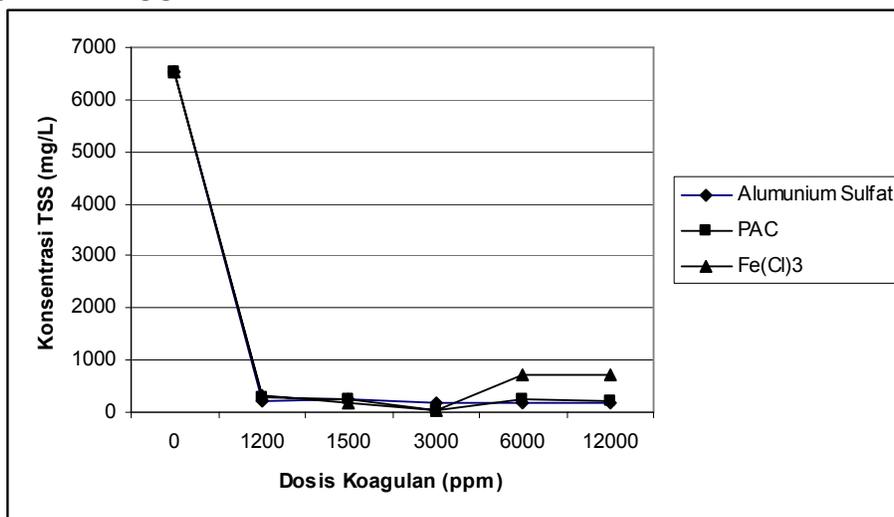
Pada proses Koagulasi-Flokulasi menggunakan koagulan Fe(Cl)<sub>3</sub> dengan dosis 1.200 ppm menghasilkan angka BOD<sub>5</sub> sebesar 103,87 mg/L. Ketika dosis koagulan dinaikan menjadi 1.500 ppm menghasilkan angka BOD<sub>5</sub> sebesar 89,75 mg/L. Konsentrasi BOD<sub>5</sub> terendah yaitu 50 mg/L diperoleh pada dosis koagulan 3.000 ppm karena pada dosis koagulan yang lebih besar yaitu 6.000 ppm dan 12.000 ppm konsentrasi BOD<sub>5</sub> mengalami kenaikan masing-masing 75,9 mg/L dan 79,7 mg/L.

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh dosis optimum untuk ketiga jenis koagulan yang dipergunakan yaitu sebesar 3.000 ppm, dosis tersebut dianggap optimum karena mampu menyisihkan konsentrasi BOD<sub>5</sub> terbesar, dengan efisiensi penyisihan 91,6% untuk koagulan Alumunium Sulfat, 96,88% untuk PAC, dan 89,47% untuk Fe(Cl)<sub>3</sub>. Koagulan yang mampu menyisihkan konsentrasi BOD<sub>5</sub> terbesar ditetapkan sebagai koagulan optimum, berdasarkan penelitian ini maka koagulan PAC sebagai koagulan optimum untuk menyisihkan BOD<sub>5</sub> yang terkandung dalam air limbah industri penyamakan kulit. Berdasarkan studi literatur menunjukkan hasil serupa, dimana hasil penelitian menyatakan bahwa koagulan PAC mampu menyisihkan 74% konsentrasi BOD<sub>5</sub> yang terkandung dalam air limbah penyamakan kulit dengan dosis 700 mg/L (zhihui et.al, 2006) sedangkan penggunaan koagulan *Poly Alumunium Ferric Chloride* (PAFC) digabung dengan Cl(OH)<sub>2</sub> mampu menyisihkan 50% konsentrasi BOD<sub>5</sub> yang terkandung dalam air limbah industri penyamakan kulit dengan dosis 900 mg/L (Lofrano et.al, 2006).

Konsentrasi BOD<sub>5</sub> setelah diolah dengan proses Koagulasi-Flokulasi menggunakan koagulan PAC dengan dosis optimum 3 000 ppm yaitu 14,82 mg/L, telah memenuhi baku mutu yang ditetapkan berdasarkan SK Gub TK. 1 Jawa Barat No 6 Tahun 1999 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri di Jawa Barat Lampiran I.3 yaitu sebesar 50 mg/L.

### c. Analisa TSS

*Total Suspended Solid* (TSS) atau total padatan tersuspensi adalah padatan yang tersuspensi di dalam air berupa bahan-bahan organik dan inorganik yang dapat disaring dengan kertas millipore berpori-pori 0,45 µm (Metcalf and Eddy, 2004). Materi yang tersuspensi mempunyai dampak buruk terhadap kualitas air karena mengurangi penetrasi matahari ke dalam badan air, kekeruhan air meningkat yang menyebabkan gangguan pertumbuhan bagi organisme produser. Gambar 7 menunjukkan hubungan dosis koagulan terhadap parameter TSS.



Gambar 7. Grafik Hubungan Dosis Koagulan Alumunium Sulfat, PAC, Fe(Cl)<sub>3</sub> Terhadap Konsentrasi TSS

Berdasarkan Gambar 7 memperlihatkan hubungan antara koagulan Alumunium Sulfat, PAC, dan  $\text{Fe}(\text{Cl})_3$  terhadap perubahan konsentrasi TSS. Pada proses Koagulasi-Flokulasi menggunakan koagulan Alumunium Sulfat dengan dosis 1.200 ppm dan 1.500 ppm menghasilkan angka TSS masing-masing sebesar 200 mg/L dan 255 mg/L. Konsentrasi TSS terendah yaitu 183,33 mg/L diperoleh pada dosis koagulan 3.000 ppm karena pada dosis koagulan yang lebih besar yaitu 6.000 ppm dan 12.000 ppm konsentrasi TSS mengalami sedikit kenaikan menjadi 184 mg/L.

Pada proses Koagulasi-Flokulasi menggunakan koagulan PAC dengan dosis 1.200 ppm menghasilkan angka TSS sebesar 276 mg/L. Ketika dosis koagulan dinaikkan menjadi 1.500 ppm angka TSS mengalami penurunan menjadi 254 mg/L. Konsentrasi TSS terendah yaitu 29 mg/L diperoleh pada dosis koagulan 3.000 ppm karena pada dosis koagulan yang lebih besar yaitu 6.000 ppm dan 12.000 ppm konsentrasi TSS mengalami kenaikan lagi masing-masing menjadi 248 mg/L dan 206 mg/L.

Pada proses Koagulasi-Flokulasi menggunakan koagulan  $\text{Fe}(\text{Cl})_3$  dengan dosis 1.200 ppm menghasilkan angka TSS sebesar 340 mg/L. Ketika dosis koagulan dinaikkan menjadi 1.500 ppm angka TSS mengalami penurunan menjadi 178,189 mg/L. Konsentrasi TSS terendah yaitu 45 mg/L diperoleh pada dosis koagulan 3.000 ppm karena pada dosis koagulan yang lebih besar yaitu 6.000 ppm dan 12.000 ppm konsentrasi TSS mengalami kenaikan yang cukup tinggi masing-masing menjadi 704 mg/L dan 710 mg/L.

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh dosis optimum untuk ketiga jenis koagulan yang dipergunakan yaitu sebesar 3.000 ppm, dosis tersebut dianggap optimum karena mampu menyisihkan konsentrasi TSS terbesar, dengan efisiensi penyisihan 97,19% untuk koagulan Alumunium Sulfat, 99,56% untuk PAC, dan 99,31% untuk  $\text{Fe}(\text{Cl})_3$ . Koagulan yang mampu menyisihkan konsentrasi TSS terbesar ditetapkan sebagai koagulan optimum, berdasarkan penelitian ini maka koagulan PAC sebagai koagulan optimum untuk menyisihkan TSS yang terkandung dalam air limbah industri penyamakan kulit. Kajian literatur menunjukkan bahwa koagulan PAC mampu menyisihkan 93% konsentrasi TSS yang terkandung dalam air limbah penyamakan kulit dengan dosis 700 mg/L (zhahui et.al, 2006), hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian yang telah dilakukan. Sedangkan penggunaan koagulan *Poly Alumunium Ferric Chloride* (PAFC) digabung dengan  $\text{Cl}(\text{OH})_2$  mampu menyisihkan 98% konsentrasi TSS yang terkandung dalam air limbah industri penyamakan kulit dengan dosis 900 mg/L (Lofrano et.al, 2006).

Berdasarkan hasil penelitian untuk ketiga jenis koagulan yang dipergunakan pada dosis 6.000 dan 12.000 terlihat kecenderungan konsentrasi TSS mengalami kenaikan, terutama pada pemakaian koagulan  $\text{Fe}(\text{Cl})_3$ , ketika menggunakan dosis 3.000 ppm konsentrasi TSS sebesar 45 mg/L tetapi ketika dosis dinaikkan menjadi 6.000 ppm konsentrasi TSS naik sebesar 93,6% menjadi 704 mg/L, gejala yang sama terjadi pada ketiga koagulan yang dipergunakan. Hal tersebut disebabkan karena sejumlah koagulan yang ditambahkan tidak lagi berfungsi mengikat koloid sehingga sisa koagulan tersebut menjadi endapan yang akan meningkatkan konsentrasi TSS.

Dosis TSS setelah proses Koagulasi-Flokulasi menggunakan koagulan PAC dengan dosis optimum 3.000 ppm telah memenuhi baku mutu yang ditetapkan, berdasarkan SK Gub TK. 1 Jawa Barat No 6 Tahun 1999 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri di Jawa Barat Lampiran I.3 yaitu 60 mg/l.

#### **d. Analisa Krom Total**

Kandungan krom dalam limbah penyamakan kulit berasal dari bahan kimia Chromosal B ( $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ) yang merupakan bahan pembantu yang digunakan dalam proses *Wetting Back* agar dapat memberi kadar air pada kulit (kulit menjadi lebih kenyal).

Berdasarkan hasil penelitian proses Koagulasi-Flokulasi menggunakan koagulan Alumunium Sulfat, PAC, maupun  $\text{FeCl}_3$  belum mampu menyisihkan Krom total hingga memenuhi baku mutu berdasarkan SK Gub TK. 1 Jawa Barat No 6 Tahun 1999 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri di Jawa Barat Lampiran I.3 yaitu 0,6 mg/L, jika dilihat pada Tabel 5 penggunaan koagulan Alumunium Sulfat hanya mampu menurunkan Krom total hingga mencapai konsentrasi terendah 24,24 mg/L pada dosis koagulan 3.000 ppm. Penggunaan koagulan PAC mampu menurunkan konsentrasi Krom total hingga mencapai konsentrasi 4,91 mg/L pada dosis 3.000 ppm, sedangkan penggunaan koagulan  $\text{FeCl}_3$  mampu menurunkan konsentrasi Krom total sampai konsentrasi 25,44 mg/L pada dosis 12.000 ppm.

**Tabel 5. Data Analisa Krom Total Terhadap Koagulan Alumunium Sulfat, PAC,  $\text{Fe}(\text{Cl})_3$**

Dosis Koagulan (ppm)	Konsentrasi Awal Krom Total mg/L	Konsentrasi Akhir Krom Total (mg/L)		
		Alumunium Sulfat	PAC	$\text{Fe}(\text{Cl})_3$
1.200	49,39	37,48	20,87	30,65
1.500	49,39	40,38	7,44	25,50
3.000	49,39	24,24	4,91	27,85
6.000	49,39	38,53	8,93	36,78
12.000	49,39	25,27	10,55	25,44

Sumber : Hasil Penelitian, 2011

Setelah melakukan hasil analisa terhadap seluruh data penelitian untuk parameter pencemar TSS,  $\text{BOD}_5$ , COD dan Krom total ternyata jenis koagulan optimum untuk mengolah air limbah penyamakan kulit adalah PAC dengan dosis 3.000 ppm walaupun dosis dan koagulan optimum tersebut belum mampu menyisihkan Krom total hingga memenuhi baku mutu yang disyaratkan. Berdasarkan penelitian awal konsentrasi parameter pencemar yang terkandung dalam air limbah penyamakan kulit untuk parameter TSS adalah 6.528 mg/L,  $\text{BOD}_5$  sebesar 475 mg/L, COD 811,19 mg/L, dan konsentrasi Krom total (Cr) sebesar 49,39 mg/L, setelah dilakukan pengolahan dengan proses Koagulasi-Flokulasi dihasilkan konsentrasi seperti yang disajikan pada Tabel 6.

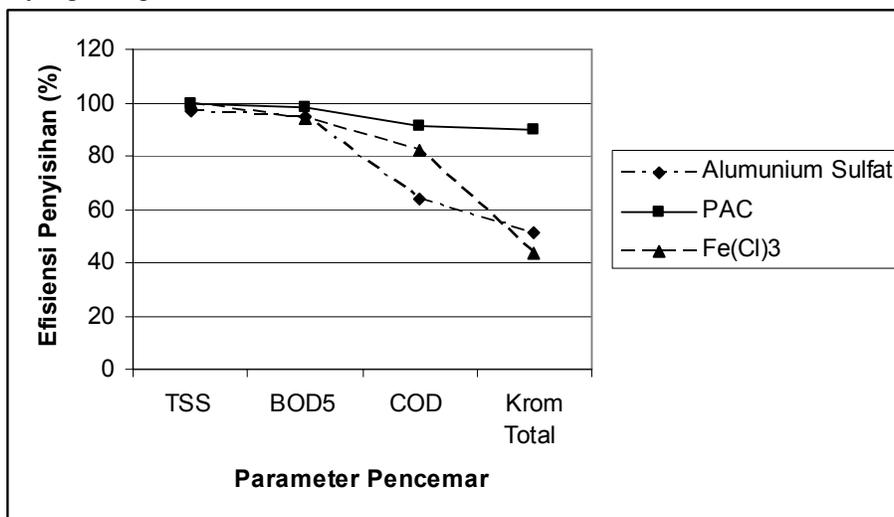
**Tabel 6. Rekapitulasi Data Penelitian Terhadap Koagulan Alumunium Sulfat, PAC, dan  $\text{FeCl}_3$**

Jenis Koagulan	Konsentrasi Parameter Hasil Analisa Jar Test dengan Berbagai Koagulan (mg/L)				Efisiensi Penyisihan (%)			
	TSS	$\text{BOD}_5$	COD	Krom total	TSS	$\text{BOD}_5$	COD	Krom total
Alumunium Sulfat	183,33	39,89	170,67	24,24	97,19	95,08	64,07	50,92
PAC	29,00	14,82	42,67	4,91	99,56	98,17	91,02	90,06
$\text{Fe}(\text{Cl})_3$	45,0	50,0	85,6	27,85	99,31	93,84	81,98	43,61

Sumber : Hasil Penelitian, 2011

Berdasarkan Gambar 8 dapat dilihat bahwa dari ketiga koagulan yang diteliti ternyata koagulan PAC memiliki persen efisiensi penyisihan yang paling tinggi dalam menyisihkan parameter pencemar COD,  $\text{BOD}_5$ , TSS, dan Krom total. Pada konsentrasi 3.000 ppm koagulan PAC mampu menurunkan konsentrasi COD,  $\text{BOD}_5$ , TSS dan Krom total cukup tinggi dibandingkan dengan koagulan Alumunium Sulfat dan  $\text{Fe}(\text{Cl})_3$ . Hal ini disebabkan karena sifat koagulan PAC yang merupakan koagulan polimer yang mempunyai banyak ikatan dalam menyerap bahan organik dan logam berat dalam koloid limbah penyamakan kulit. Berbeda halnya dengan koagulan Alumunium Sulfat yang hanya koagulan garam alumunium biasa yang hanya mampu menyerap bahan organik dan logam berat dalam koloid limbah penyamakan kulit dalam jumlah terbatas. Ikatan yang terjadi dalam proses koagulasi-flokulasi koagulan PAC merupakan rantai polimer dengan gugus aktif polielektrolit yang mampu menyerap zat organik dan logam berat sehingga konsentrasi COD,  $\text{BOD}_5$ , TSS dan Krom total turun.

Bila membandingkan antara koagulan berbasis dasar Alumunium dan Koagulan berbasis dasar Besi yang terlihat bahwa koagulan berbasis dasar Alumunium lebih baik daripada koagulan berbasis dasar Besi. Hal ini terlihat dari penyisihan parameter pencemar dimana pada koagulan berbasis dasar Alumunium mampu menyisihkan parameter pencemar lebih baik daripada koagulan berbasis dasar Besi. Hal ini disebabkan pada ion logam Alumunium lebih mudah teroksidasi dibandingkan Besi. Alumunium lebih mudah melepaskan ion  $Al^{3+}$  untuk dapat menyerap zat organik dan logam berat daripada Fe yang melepaskan ion  $Fe^{3+}$ .



**Gambar 8. Efisiensi Penyisihan Parameter COD, TSS, COD, Dan Krom Total Untuk Berbagai Jenis Koagulan**

#### 4. KESIMPULAN

Koagulan Alumunium sulfat ( $Al_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O$ ), Besi (III) Clorida ( $FeCl_3$ ), dan *Poly Aluminium Chloride* (PAC) memiliki kemampuan dalam menyisihkan parameter pencemar COD, BOD<sub>5</sub>, TSS, dan Krom total yang terkandung dalam limbah industri penyamakan kulit. Berdasarkan hasil penelitian jenis koagulan *Poly Aluminium Chloride* (PAC) dengan dosis 3.000 ppm merupakan koagulan terpilih karena memiliki efisiensi penyisihan optimum untuk masing-masing parameter yaitu: 91,02% untuk COD, 98,17% untuk BOD<sub>5</sub>, 99,56% untuk TSS, dan 90,06% untuk Krom total. Efisiensi tersebut mampu menurunkan nilai parameter COD 811,19 mg/L menjadi 42,67 mg/L, BOD<sub>5</sub> dari 475 mg/L menjadi 14,82 mg/L, TSS dari 6.528 mg/L menjadi 29 mg/L, Krom total dari 49,39 mg/L menjadi 4,91 mg/L. Parameter COD, BOD<sub>5</sub> dan TSS sudah memenuhi baku mutu yang ditetapkan tetapi parameter Krom total belum memenuhi sehingga diperlukan pengolahan lanjutan untuk menyisihkan Krom total sehingga memenuhi baku mutu berdasarkan Surat Keputusan Gubernur Tingkat 1 Jawa Barat No 6 Tahun 1999 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri di Jawa Barat.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, Laporan Status Lingkungan Hidup Kabupaten Garut, Badan Pengendalian Lingkungan Hidup Kabupaten Garut, 2011
- Anonim, Laporan *Environmental Pollution Control Manager* (EPCM), Badan Pengendalian Lingkungan Hidup Provinsi Jawa Barat, 2003
- Anonim, Standar Nasional Indonesia No 06-6989.3 Tahun 2004 tentang Metode Pengukuran *Total Suspended Solid* (TSS)
- Anonim, Standar Nasional Indonesia No 6989.72 Tahun 2009 tentang Metode Pengukuran *Biochemical Oxygen Demand* (BOD<sub>5</sub>)

Anonim, Standar Nasional Indonesia No 6989.2 Tahun 2009 tentang Metode Pengukuran *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Anonim, Standar Nasional Indonesia No 6989.17 Tahun 2009 tentang Metode Pengukuran Krom total (Cr)

Anonim, Standar Nasional Indonesia No 06-6989.10 Tahun 2004 tentang Metode Pengukuran Minyak Lemak

Anonim, Standar Nasional Indonesia No 6989.70 Tahun 2009 tentang Metode Pengukuran Sulfida sebagai H<sub>2</sub>S

G. Lofrano, V. Belgiorno, M. Gallo, A. Raimo, S. Meric, Toxicity Reduction in Leather Tanning Wastewater By Improved Coagulation Flocculation Process, *Global NEST Journal*, Vol 8 No 8, pp 151-158, 2006

Metcalf, Eddy, 2004. *Wastewater Engineering*. third edition. McGraw - Hill Inc. New York

SK Gubernur. 2004, *Surat Keputusan TK 1 Jawa Barat No. 6 Tahun 1999*; Tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri di Jawa Barat.

Zhihui Sui, Xin Zhao, Xihuai Qiang, Application of Flyash Based Coagulat in Tanning Wastewater Treatment, *Bioinformatic and Biomedical Engineering ICBDE*, 2010 4<sup>th</sup> International Conference



 itenas library