

PENGOLAHAN LOGAM BERAT KHROM (Cr) PADA LIMBAH CAIR INDUSTRI PENYAMAKAN KULIT DENGAN PROSES KOAGULASI FLOKULASI DAN PRESIPITASI

Maria Giacinta AS, Zainus Salimin*), Junaidi **)

ABSTRACT

Leather tannery industry waste water treatment research by coagulation flocculation and precipitation process has been carried out. The study aims to determine the treatment process with coagulant what is most optimum in removing the heavy metal content in leather tannery waste water, which includes coagulant lime, aluminum sulfate, and ferrous sulfate, and barium chloride, coagulant concentration, and pH optimum. Jar test result available optimum pH for coagulant lime at pH 8, for aluminum sulfate at pH 6, and for ferrous sulfate at pH 8. The optimum ratio of lime is 6,4; aluminum sulfate is 0,8; and ferrous sulfate is 0,48. The optimum concentration of barium chloride after treatment with lime, aluminum sulfate, and ferrous sulfate are 0,005; 0,043; and 0,005.

Keywords: *leather tannery waste water, coagulation flocculation, lime, aluminum sulfate, ferrous sulfate, barium chloride, and jar test.*

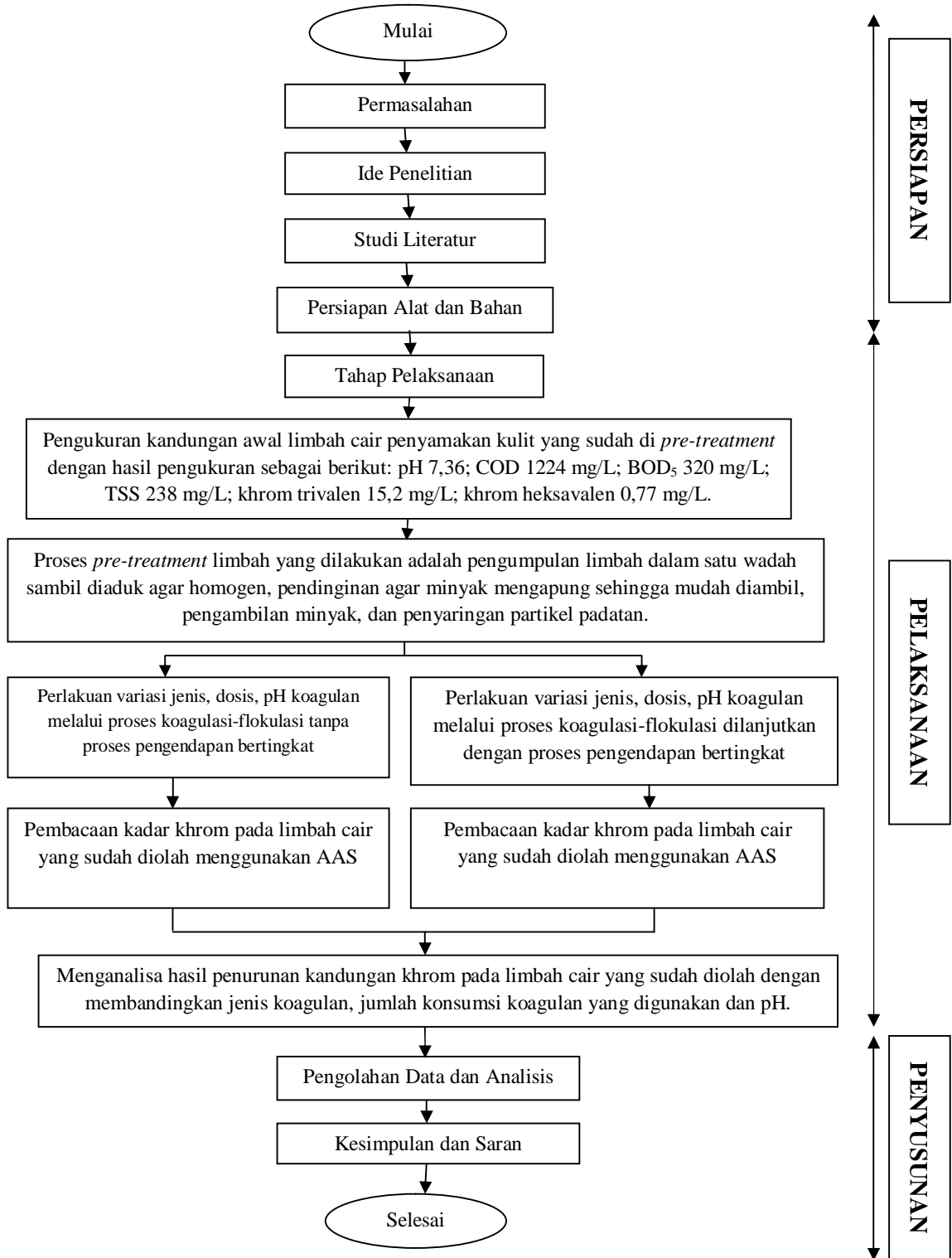
PENDAHULUAN

Proses penyamakan kulit adalah proses pengawetan terhadap kulit binatang dengan menggunakan berbagai bahan kimia sebagai pembantu proses. Limbah yang ditimbulkan sebagian besar merupakan limbah cair yang mengandung logam berat khrom (Cr). Limbah penyamakan kulit mengandung khrom trivalen (Cr^{3+}) dan khrom heksavalen (Cr^{6+}) yang sangat beracun. Limbah khrom heksavalen (Cr^{6+}) bersifat lebih toksik daripada khrom trivalen (Cr^{3+}). Khrom sangat berbahaya bagi kesehatan manusia, karena dapat menyebabkan berbagai macam penyakit, di luar tubuh dapat menyebabkan iritasi kulit dan mata, dan di dalam tubuh dapat menyebabkan gangguan saluran pencernaan. Mengingat bahaya dan pencemaran lingkungan yang ditimbulkan oleh industri penyamakan kulit khususnya logam berat khrom, maka pihak industri diharuskan untuk mengolah limbahnya terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan. Nilai baku mutu khrom total menurut menurut

KEPMENLH no.51/MENLH/10/1995 tentang baku mutu limbah cair bagi kegiatan industri adalah 0,6 mg/L.

Pengolahan kimia yang biasa dilakukan yaitu proses pengendapan melalui metode koagulasi-flokulasi dengan koagulan yang beragam. Koagulan yang dipakai dalam penelitian ini adalah kapur, tawas, dan ferro sulfat sebagai pengendap khrom trivalen (Cr^{3+}) dan barium klorida sebagai pengendap khrom heksavalen (Cr^{6+}). Pada penelitian ini akan dilakukan 2 metode yaitu pengendapan biasa dengan menggunakan 3 koagulan yaitu kapur, tawas, ferro sulfat dan pengendapan bertingkat kapur, tawas, ferro sulfat yang dilanjutkan dengan pengendapan menggunakan barium klorida. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mencari jenis koagulan mana yang paling efektif, dosis optimum koagulan dan pH optimum dalam menurunkan kadar logam berat khrom sampai pada nilai standar baku mutunya.

METODOLOGI PENELITIAN



PEMBAHASAN

Pada penelitian ini digunakan limbah asli dari pabrik penyamakan kulit CV. Lengtang Tangerang Leathers, yang berada di daerah Batu Ceper, Tangerang. Limbah cair yang diambil dari pabrik ditampung dalam beberapa jirigen, kemudian dikumpulkan dalam satu wadah sambil diaduk agar larutan homogen. Limbah tersebut didinginkan dan didiamkan agar minyak dan gumpalan lemak yang terbentuk mengapung, sehingga pengambilan minyak dan gumpalan lemak dari limbah tersebut mudah dilakukan. Pengambilan minyak dari limbah dilakukan secara manual berdasarkan prinsip berat jenis minyak yang lebih kecil daripada air, sehingga minyak tersebut akan mengapung diatas permukaan limbah. Setelah minyak dan gumpalan dipisahkan, larutan limbah kemudian difiltrasi menggunakan Kerucut Imhoff dan *glasswool* untuk pemisahan partikel padatnya. Larutan tersebut kemudian diuji karakteristiknya terlebih dahulu untuk mengetahui nilai rasio awal logam berat khrom yang kemudian akan dibandingkan dengan hasil akhir setelah pengolahan dengan nilai standar baku mutu sesuai KEPMENLH no.51/MENLH/10/1995. Hasil uji karakteristik limbah yang dilakukan di Laboratorium Analitik Balai Teknologi Lingkungan BPPT (Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi) dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Hasil Uji Karakteristik Awal Limbah

No.	Parameter	Satuan	Hasil
1	pH	-	7,36
2	Cr ⁶⁺	mg/L	0,77
3	Cr ³⁺	mg/L	15,2

Proses Pengendapan dengan Kapur

NO	Rasio Massa Kapur dan Limbah	Kadar Khrom Akhir (mg/L)		
		pH 6	pH 7	pH 8
1	Limbah awal	15,970	15,970	15,970
2	0,2	11,737	12,236	11,870
3	0,4	11,457	13,170	11,220
4	0,8	10,717	12,170	11,097
5	1,6	7,960	8,822	8,548
6	3,2	1,851	1,582	0,951
7	6,4	0,441	0,143	0,131

Berdasarkan data tabel diatas terlihat bahwa semakin besar rasio massa kapur dan limbah, maka semakin kecil kadar khrom dalam beningan. Ketika terjadi penambahan kapur dengan rasio massa kapur dan limbah sebesar 6,4 atau penambahan sebanyak 1,28 gram ke dalam 200 ml limbah pada pH 8 menunjukkan nilai penurunan khrom yang paling optimum sampai pada kadar khrom dalam beningan sebesar 0,131 mg/L dibandingkan pH 6 dan pH 7. Kadar khrom dalam beningan untuk pH 6 dan pH 7 secara berturut-turut adalah sebesar 0,441 mg/L dan 0,143 mg/L. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penambahan kapur pada pH 8 merupakan pH optimum karena kadar khrom dalam beningan turun menjadi 0,131 mg/L atau penyisihan khrom sebesar 99,18%. Semakin banyak Ca(OH)₂ yang ditambahkan maka pH akan semakin meningkat, kondisi akhir larutan setelah penambahan kapur pada rasio kapur dan limbah sebesar 6,4 mencapai pH 12, setelah itu dilakukan pengaturan pH 6, pH 7 dan pH 8. Ketika larutan berada pada pH 8 dan bersifat basa, larutan tersebut banyak mengandung ion OH⁻. Bereaksinya OH⁻ dengan Cr³⁺ dalam larutan akan mengakibatkan peristiwa presipitasi dan membentuk endapan Cr(OH)₃. Endapan Cr(OH)₃ yang terbentuk dapat menarik CrO₄²⁻ dan OH⁻ dalam larutan akibat gaya elektropositif yang ditimbulkan. Endapan Cr(OH)₃ yang menarik CrO₄²⁻ akan mengalami proses koplesipitasi membentuk

flok $\text{Cr}(\text{OH})_3$ yang bermantel muatan negatif (CrO_4^{2-}). Sementara endapan $\text{Cr}(\text{OH})_3$ yang kelebihan muatan OH akan membentuk flok $\text{Cr}(\text{OH})_4^-$ dan bersifat elektronegatif, sehingga akan menarik Cr^{3+} yang masih terdapat dalam larutan dan membentuk flok mantel muatan positif.

Proses Pengendapan dengan Tawas

NO	Rasio Massa Tawas dan Limbah	Kadar Khrom Akhir (mg/L)		
		pH 6	pH 7	pH 8
1	Limbah awal	15,970	15,970	15,970
2	0,2	10,201	9,226	10,399
3	0,4	5,188	4,534	1,826
4	0,8	0,322	0,448	0,506
5	1,6	0,178	0,320	0,335
6	3,2	0,041	0,231	0,289
7	6,4	0,039	0,213	0,143

Pada tabel diatas dapat dilihat bahwa dengan penggunaan rasio tawas dan limbah sebesar 0,8 atau penambahan tawas sebesar 0,16 gram ke dalam 200 ml limbah kondisi pH 6, pH 7 dan pH 8 menunjukkan nilai kadar khrom dalam larutan berturut-turut sebesar 0,322 mg/L ; 0,448 mg/L ; 0,506 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa nilai penurunan khrom yang paling optimum berada pada pH 6, dengan kadar khrom dalam beningan menjadi 0,322 mg/L atau penyisihan khrom sebesar 97,98%. Jika dibandingkan dengan nilai standar baku mutu air limbah pada KEPMENLH no.51/MENLH/10/1995, kandungan khrom ini telah memenuhi baku mutu yang ditetapkan yaitu sebesar 0,6 mg/L. Proses pengolahan menggunakan tawas didasarkan pada kemampuannya membentuk endapan $\text{Al}(\text{OH})_3$. Tipe endapan yang dihasilkan ini berbentuk gel (*gelatinous*) dan bersifat elektropositif. Pada reaksi pembentukan endapan ini, sumber OH^- diberikan saat pengaturan pH dengan NaOH . Ketika larutan berada pada pH 8 dan bersifat basa, larutan tersebut banyak mengandung ion OH^- . Bereaksinya OH^- dengan ion Al^{3+}

dalam larutan akan mengakibatkan terbentuknya endapan $\text{Al}(\text{OH})_3$. Endapan $\text{Al}(\text{OH})_3$ yang terbentuk dapat menarik CrO_4^{2-} dan OH^- dalam larutan akibat gaya elektropositif yang ditimbulkan. Endapan $\text{Al}(\text{OH})_3$ yang menarik CrO_4^{2-} akan membentuk flok $\text{Al}(\text{OH})_3$ yang bermantel muatan negatif (CrO_4^{2-}). Sementara endapan $\text{Al}(\text{OH})_3$ yang kelebihan muatan OH akan membentuk flok $\text{Al}(\text{OH})_4^-$ dan bersifat elektronegatif, sehingga akan menarik ion Cr^{3+} yang masih terdapat dalam larutan. Ketika kondisi larutan berada pada pH 6, endapan $\text{Al}(\text{OH})_3$ yang terbentuk akan kelebihan 2H^+ dan menjadi $\text{Al}(\text{OH})_2^+$ yang bersifat elektropositif sehingga dapat menarik $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ dan membentuk mantel muatan negatif. Selain proses tersebut, endapan $\text{Al}(\text{OH})_3$ yang telah terbentuk, mengendap dan mengikat ion Cr^{3+} kemungkinan dapat pecah kembali, dan menjadi ion bebas Al^{3+} dan OH^- dalam larutan. Sehingga ion OH^- yang berada dalam larutan berikatan dengan Cr^{3+} yang masih berada bebas di larutan. Oleh sebab itu pH 6 merupakan kondisi optimum penurunan kadar khrom menggunakan tawas.

Proses Pengendapan dengan Ferro Sulfat

NO	Rasio Massa Ferro Sulfat dan Limbah	Kadar Khrom Akhir (mg/L)		
		pH 6	pH 7	pH 8
1	Limbah awal	15,970	15,970	15,970
2	0,12	9,544	10,857	12,793
3	0,24	10,553	10,327	12,770
4	0,36	5,925	3,193	1,584
5	0,48	1,124	0,662	ttd
6	0,60	0,678	0,576	ttd
7	0,73	0,617	0,509	ttd

Ttd = tak terdeteksi

Pada tabel diatas terlihat bahwa kadar khrom mengalami penurunan yang signifikan pada penambahan ferro sulfat dengan rasio ferro sulfat dan limbah 0,48 atau dengan penambahan 0,097 gram ferro

sulfat ke dalam 200 ml limbah. Pada penambahan rasio massa ferro sulfat dan limbah sebesar 0,48 atau 0,097 gram ferro sulfat ke dalam 200 ml limbah pada pH 8, hasil pembacaan kadar khrom dalam beningan tidak terbaca oleh AAS. Hal ini disebabkan karena kadar khrom dalam beningan dibawah batas deteksi pembacaan AAS atau sangat rendah sehingga kadar khrom dalam beningan dianggap nol. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa pada pH 8 kadar khrom mengalami penurunan paling optimum. Jika dibandingkan dengan nilai standar baku mutu air limbah pada KEPMENLH no.51/MENLH/10/1995, kandungan khrom ini telah memenuhi baku mutu yang ditetapkan yaitu sebesar 0,6 mg/L. Proses pengolahan menggunakan ferro sulfat didasarkan pada kemampuannya untuk membentuk endapan $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Pada reaksi pembentukan endapan ini, sumber OH^- diberikan saat pengaturan pH dengan NaOH . Ketika larutan berada pada pH 8 dan bersifat basa, larutan tersebut banyak mengandung ion OH^- . Bereaksinya ion OH^- dengan ion Fe^{3+} dalam larutan akan mengakibatkan terbentuknya endapan $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Endapan $\text{Fe}(\text{OH})_3$ yang terbentuk dapat menarik CrO_4^{2-} dan OH^- dalam larutan akibat gaya elektropositif yang ditimbulkan sehingga membentuk mantel bermuatan negatif. Sementara endapan $\text{Fe}(\text{OH})_3$ yang kelebihan muatan OH^- akan membentuk flok $\text{Fe}(\text{OH})_4^-$ dan bersifat elektronegatif, sehingga akan menarik Cr^{3+} dan membentuk mantel muatan positif.

Proses Pengendapan Bertingkat Menggunakan Kapur dan Barium Klorida

Proses pengendapan bertingkat ini merupakan lanjutan dari proses pengendapan kapur sebelumnya. Pada proses pengendapan kapur sebelumnya didapatkan nilai kadar khrom dalam beningan sebesar 0,951 mg/L, yaitu pada penambahan kapur dengan rasio kapur dan limbah 3,2 pada pH 8 yang merupakan pH akhir optimum.

NO	Rasio Massa Barium Klorida dan Limbah	Kadar Khrom Akhir (mg/L)	Persentase Penyisihan (%)
1	0	0,951	0
2	0,001	0,691	27,37
3	0,003	0,631	33,61
4	0,005	0,358	62,36
5	0,011	0,449	52,79
6	0,022	0,314	66,98
7	0,043	0,257	73,01

Pada tabel diatas, terlihat bahwa penambahan barium klorida pada rasio massa barium klorida dan limbah sebesar 0,005 atau penambahan 0,00108 gram ke dalam 200 ml limbah, kadar khrom dalam beningan mulai mengalami penurunan yang signifikan menjadi 0,358 mg/L atau penyisihan khrom sebesar 62,36%. Hal ini disebabkan karena semakin banyaknya barium klorida yang ditambahkan maka akan semakin banyak pula Cr^{6+} yang terdapat dalam bentuk ion CrO_4^{2-} pada limbah penyamakan kulit mengendap bersama sehingga terbentuk endapan BaCrO_4 . Jika dibandingkan dengan nilai standar baku mutu air limbah pada KEPMENLH no.51/MENLH/10/1995, kandungan khrom ini telah memenuhi baku mutu yang ditetapkan yaitu sebesar 0,6 mg/L.

Pada proses ini juga dilakukan pengendapan barium klorida dengan kadar khrom dalam beningan sebesar 0,131 mg/L pada pH 8.

NO	Rasio Massa Barium Klorida dan Limbah	Kadar Khrom Akhir (mg/L)	Persentase Penyisihan (%)
1	0	0,131	0
2	0,001	0,096	26,97
3	0,003	0,088	32,57
4	0,005	ttd	-
5	0,011	ttd	-
6	0,022	ttd	-
7	0,043	ttd	-

Ttd=tak terdeteksi

Proses ini bertujuan untuk menguji seberapa besar kadar khrom heksavalen (Cr^{6+}) dalam bentuk ion khromat (CrO_4^{2-}) yang tersisihkan jika kandungan awal khrom sudah memenuhi nilai standar baku mutu KEPMENLH no.51/MENLH/10/1995 yang bernilai 0,6 mg/L. Ketika ditambahkan barium klorida dengan rasio massa barium klorida dan limbah sebesar 0,005 atau 0,00108 gram ke dalam 200 ml limbah pada pH 8, hasil pembacaan kadar khrom dalam beningan tidak terbaca oleh AAS. Hal ini disebabkan karena kadar khrom dalam beningan dibawah batas deteksi pembacaan AAS atau sangat rendah sehingga kadar khrom dalam beningan dianggap nol. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penambahan barium klorida atau BaCl_2 akan menyebabkan Cr^{6+} yang terdapat dalam bentuk ion CrO_4^{2-} pada limbah penyamakan kulit mengendap bersama sehingga terbentuk endapan BaCrO_4 yang dapat menyebabkan penurunan kadar khrom pada limbah penyamakan kulit.

Proses Pengendapan Bertingkat Menggunakan Tawas dan Barium Klorida

Pada proses ini kadar khrom yang diuji masih memiliki kadar 1,826 mg/L pada pH 8 dan belum memenuhi nilai standar baku mutu.

NO	Rasio Massa Barium Klorida dan Limbah	Kadar Khrom Akhir (mg/L)	Persentase Penyisihan (%)
1	0	1,826	0
2	0,001	1,602	12,27
3	0,003	1,327	27,33
4	0,005	0,819	55,13
5	0,011	0,875	52,10
6	0,022	0,750	58,93
7	0,043	0,517	71,67

Pada penambahan barium klorida dengan rasio massa barium klorida dan limbah sebesar 0,043 atau penambahan barium klorida sebesar 0,00864 gram, hasil kadar akhir khrom dalam beningan menjadi 0,517 mg/L dan sudah memenuhi nilai standar baku mutu KEPMENLH no.51/MENLH/10/1995 sebesar 0,6 mg/L. Hal ini disebabkan karena semakin banyaknya barium klorida yang ditambahkan maka akan semakin banyak pula Cr^{6+} yang terdapat dalam bentuk ion CrO_4^{2-} pada limbah penyamakan kulit mengendap bersama sehingga terbentuk endapan BaCrO_4 .

Pada proses ini juga dilakukan pengendapan barium klorida dengan kadar khrom dalam beningan yang sudah memenuhi nilai standar baku mutu, yaitu sebesar 0,322 mg/L pada pH 6.

NO	Rasio Massa Barium Klorida dan Limbah	Kadar Khrom Akhir (mg/L)	Persentase Penyisihan (%)
1	0	0,322	0
2	0,001	ttd	-
3	0,003	ttd	-
4	0,006	ttd	-
5	0,012	ttd	-
6	0,024	ttd	-

7	0,047	ttd	-
---	-------	-----	---

Pada tabel diatas jelas terlihat bahwa pada hasil pembacaan kadar khrom dalam beningan pada rasio massa barium khlorida dan limbah sebesar 0,001 atau penambahan 0,00029 gram barium khlorida ke dalam 200 ml tidak terbaca oleh AAS. Hal ini disebabkan karena kadar khrom dalam beningan dibawah batas deteksi pembacaan AAS atau sangat rendah sehingga kadar khrom dalam beningan dianggap nol. Hal ini disebabkan karena semakin banyaknya barium khlorida yang ditambahkan maka akan semakin banyak pula Cr^{6+} yang terdapat dalam bentuk ion $Cr_2O_7^{2-}$ pada limbah penyamakan kulit mengendap bersama sehingga terbentuk endapan $BaCr_2O_7$.

Proses Pengendapan Bertingkat Menggunakan Ferro Sulfat dan Barium Khlorida

Pada proses ini larutan yang diuji masih memiliki kadar khrom dalam beningan sebesar 1,584 mg/L dengan pH 8 dan belum memenuhi nilai standar baku mutu.

NO	Rasio Massa Barium Khlorida dan Limbah	Kadar Khrom Akhir (mg/L)	Persentase Penyisihan (%)
1	0	1,584	0
2	0,001	0,576	63,66
3	0,003	0,492	68,92
4	0,005	0,438	72,37
5	0,011	0,449	71,65
6	0,022	0,422	73,36
7	0,043	0,382	75,90

Pada tabel diatas terlihat bahwa penambahan pada rasio barium khlorida dan limbah sebesar 0,001 atau penambahan sebesar 0,00027 gram ke dalam 200 ml limbah sudah menunjukkan penurunan khrom yang signifikan. Kadar khrom dalam

beningan yang pada awalnya bernilai 1,584 mg/L turun menjadi 0,576 mg/L atau mengalami penyisihan kadar khrom sebesar 63,66%. Kadar tersebut sudah memenuhi nilai standar baku mutu KEPMENLH No.51/MENLH/10/1995 yang bernilai 0,6 mg/L. Penambahan dosis pada rasio barium khlorida dan limbah yang bernilai 0,005 atau 0,00108 gram menunjukkan penurunan kadar khrom menjadi 0,438 mg/L atau mengalami penyisihan kadar khrom sebesar 72,37%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa dosis optimum penambahan barium khlorida berada pada rasio barium khlorida dan limbah sebesar 0,005 atau penambahan sebesar 0,00108 gram. Reaksi kimia yang terjadi seperti pada reaksi 2.9. Hal ini terjadi karena penambahan barium khlorida atau $BaCl_2$ akan menyebabkan Cr^{6+} yang terdapat dalam bentuk ion CrO_4^{2-} pada limbah penyamakan kulit mengendap bersama sehingga terbentuk endapan $BaCrO_4$ yang dapat menurunkan kadar khrom pada limbah penyamakan kulit.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Koagulan yang paling optimum adalah ferro sulfat karena endapan $Fe(OH)_3$ mengikat anion OH^- menjadi flok berbentuk mantel muatan negatif $Fe(OH)_4^-$ yang dapat mengikat Cr^{3+} , selain itu endapan $Fe(OH)_3$ juga mengikat anion CrO_4^{2-} membentuk mantel muatan negatif $Fe(OH)_3CrO_4^{2-}$.
2. Rasio optimum koagulan kapur, tawas, dan ferro sulfat berturut-turut sebesar 6,4 g/L; 0,8 g/L; dan 0,48 g/L pada 200 ml limbah dengan persentase penyisihan khrom berturut-turut sebesar 99,18%, 97,98%, dan 100%. Sementara rasio optimum barium khlorida dan limbah yang ditambahkan setelah pengolahan dengan kapur, tawas, dan ferro sulfat adalah berturut-turut sebesar 0,005 g/L; 0,043 g/L; dan 0,005 g/L pada 200 ml beningan hasil pengolahan.
3. PH optimum yang didapatkan untuk koagulan kapur adalah pada pH 8, untuk koagulan tawas adalah pada pH 6, dan untuk koagulan ferro sulfat adalah pada pH 8.

SARAN

Perlu dilakukannya evaluasi lebih lanjut dalam kajian teknologi dan ekonomi proses untuk penerapan di lapangan agar hasil yang dicapai optimum dan ekonomis.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, H. 1992. *Kimia Unsur dan Radiokimia*. Bandung: Chandra Bakti.
- Anonim, 1995. *Keputusan Menteri Negara dan Lingkungan Hidup nomor 51 tahun 1995 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri*. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup.
- Asmadi, E. Sutrisno, dan W. Oktiawan. 2009. *Jurnal Pengurangan Chrom (Cr) dalam Limbah Cair Industri Kulit pada Proses Tannery Menggunakan Senyawa Alkali $Ca(OH)_2$, $NaOH$, dan $NaHCO_3$* . JAI Volume 5. Semarang: Universitas Diponegoro.
<http://ejurnal.bppt.go.id/index.php/JAI/article/download/289/290.pdf>
- Darmasetiawan, M. 2004. *Teori dan Perencanaan Instalasi Pengolahan Air*. Jakarta: Ekamitra Engineering.
- Eckenfelder, W. 2000. *Industrial Water Pollution Control, Third Edition*. New York: Mc Graw Hill Book Company.
- Fitriyani, I.N. 2012. *Skripsi: Pengolahan Limbah Industri Elektroplating dengan Proses Koagulasi Flokulasi*. Jakarta: UIN Syarif Hidayatullah.
- Hariani, P. Loekitowati, N. Hidayati, dan M. Oktaria. 2009. *Jurnal Penurunan Konsentrasi $Cr(VI)$ dalam Air dengan Koagulan $FeSO_4$* . Jurnal Penelitian Sains Volume 12. Palembang: Universitas Sriwijaya.
<http://jpsmipaunsri.files.wordpress.com/jpsmipaunsri-v12-no2-08-c-puji.pdf>
- Herlambang, A. 2002. *Teknologi Pengolahan Limbah Cair*. Jakarta: Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi.
- Kusumawati, T. 2006. *Skripsi: Jerapan Kromium Limbah Penyamakan Kulit oleh Zeolit Cikembar dengan Metode Lapik Tetap*. Bogor: IPB.
<http://repository.ipb.ac.id/bitstream/handle/123456789/G06tku.pdf>
- Nugroho, M.D. 2011. *Skripsi: Penurunan Kadar Logam Berat pada Limbah Cair dari Industri Pelapisan Logam dengan Proses Koagulasi Flokulasi*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Palar, H. 2008. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: PT. Reneka Cipta.
- Purnomo, S. dan Imam. 2010. *Studi Pengolahan Limbah Cair Bahan Berbahaya dan Beracun. Prosiding Seminar Teknologi Pengelolaan Limbah VIII*. Tangerang: PTLR-BATAN.
- Reynolds, T. 1982. *Unit Operation and Process in Environmental Engineering*. California: Brooks/Cole Engineering Division.
- Salimin, Z. 2000. *Proses Kimia Pengolahan Limbah Cair Telurium dan Khrom dari Produksi Isotop I-131. Prosiding Seminar Teknologi Pengelolaan Limbah III*. Tangerang: PTLR-BATAN.
- Suprpto, E. 2010. *Dokumen UKL-UPL CV. Lengtat Tangerang Leathers*. Tangerang.
- Tchobanoglous, G. dan F. Burton. 2003. *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse. Fourth Edition*. New York: Mc Graw Hill.
- Tjokrokusumo. 1995. *Pengantar Engineering Lingkungan*. Yogyakarta : STTL YLH.
- Triatmojo, S. 2009. *Implementasi Produksi Bersih dalam Industri Penyamakan Kulit Guna Peningkatan Efisiensi dan Pencegahan Pencemaran Lingkungan. Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar pada Fakultas Peternakan Universitas Gadjah Mada*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
http://lib.ugm.ac.id/digitasi/upload/753_p0906037.pdf
- Underwood, A.L. dan R. Day. 2001. *Analisis Kimia Kuantitatif Edisi Keenam*. Jakarta: Erlangga.
- Vogel. 1990. *Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro*. Jakarta: PT. Kalman Media Pustaka.

*) = Pusat Teknologi Limbah Radioaktif (PTLR) BATAN, Serpong, Tangerang.

**) = Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro, Semarang.