

PENGOLAHAN LIMBAH CAIR PENYAMAKAN KULIT UNTUK MENURUNKAN KADAR Cr, COD, DAN TSS DENGAN MENGGUNAKAN ELEKTROKOAGULATOR KONTINYU

Safrie Syamsuddin Primadinata ¹⁾, Timor Sandi Nanggala ²⁾

1) PT. Cheil Jedang Indonesia, Jombang

E-mail: safriesyamsuddinprima@gmail.com

2) PT. Wilmar Nabati Indonesia, Gresik

Abstrak

Limbah dari industri penyamakan kulit memiliki kadar polutan Cr, COD, dan TSS yang sangat tinggi dengan nilai kadar Cr yang dihasilkan sebesar 2158 mg/L, COD sebesar 9933 mg/L, dan TSS sebesar 5117 mg/L. Nilai baku mutu menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah bagi kegiatan industri adalah kadar Cr 0,6 mg/L, kadar COD 110 mg/L, dan untuk kadar TSS 60 mg/L. Tujuan penelitian ini untuk menurunkan dan mengetahui efisiensi penurunan kadar Cr, COD, dan TSS melalui proses elektrokoagulasi dengan menggunakan elektrokoagulator secara kontinyu dan variabel penelitian yang digunakan yaitu tegangan (3 volt, 6 volt, dan 9 volt) dan pemasangan rangkaian arus listrik pada elektroda (Monopolar Seri, Monopolar Paralel, dan Bipolar Paralel). Penelitian dilakukan pada skala laboratorium secara kontinyu dengan kapasitas volume 40 liter. Elektroda yang digunakan yaitu alumunium (Al) sebagai anoda dan stainless steel sebagai katoda. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan bahwa efisiensi penurunan terbaik untuk kadar Cr sebesar 90,16%, kadar COD sebesar 89,16%, dan kadar TSS sebesar 60,91% dengan menggunakan variabel tegangan 6 volt dan rangkaian listrik elektroda monopolar paralel.

Kata kunci: COD, Cr, Elektrokoagulasi, Limbah Penyamakan Kulit, TSS.

Pendahuluan

Salah satu kegiatan sektor ekonomi bertujuan untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat adalah kegiatan industri. Kegiatan suatu industri adalah mengolah masukan (input) menjadi keluaran (output). Pengamatan sumber pencemar industri dapat dilaksanakan pada masukan, proses maupun pada keluarannya dengan melihat spesifikasi dan jenis limbah yang diproduksi. Pencemaran yang ditimbulkan oleh industri diakibatkan adanya limbah yang keluar dari pabrik dan mengandung bahan beracun dan berbahaya (B-3).

Dalam proses produksi, limbah cair merupakan limbah yang harus diolah sebelum dibuang ke lingkungan. Pada Industri Penyamakan Kulit menghasilkan produk utama yaitu kulit hasil penyamakan dan produk samping berupa limbah cair. Limbah cair yang dihasilkan dari proses produksi penyamakan kulit ini masih banyak mengandung sisa-sisa bahan penyamakan kimia seperti sodium sulfida, krom, kapur, ammonia dan pewarna. Air buangan limbah penyamakan kulit umumnya mengandung krom (Cr). Senyawa krom (Cr) dalam limbah cair industri penyamakan kulit berasal dari proses *tanning*, dimana menggunakan kromium sulfat antara 60%-70% yang tidak semuanya terserap oleh kulit pada saat proses penyamakan sehingga sisanya dikeluarkan dalam bentuk cairan sebagai limbah cair. Proses penyamakan kulit pada unit proses *tanning* menghasilkan limbah dengan kadar krom (Cr), COD, dan TSS masih melebihi baku mutu yang diperbolehkan. Kadar krom (Cr) yang dihasilkan sebesar 2158 mg/L, COD sebesar 9933 mg/L, TSS sebesar 5117 mg/L, dan pH awal sebesar 3,6. Nilai baku mutu air limbah menurut Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 adalah kadar Cr 0,6 mg/L, kadar COD 110 mg/L, kadar TSS 60 mg/L, dan juga pH sebesar 6-9. Untuk menurunkan kadar Cr, COD, TSS, dan pH dapat dilakukan dengan beberapa metode yaitu adsorbsi, elektrokoagulasi, aerasi, dan lain-lain. Namun, dari beberapa metode yang ada ternyata metode elektrokoagulasi paling efektif digunakan karena dengan metode tersebut digunakan untuk mengolah limbah yang masih banyak mengandung senyawa organik maupun logam.

Metode elektrokoagulasi merupakan metode pengolahan limbah industri yang murah dan efektif. Elektrokoagulasi merupakan metode elektrokimia untuk pengolahan air dimana pada anoda

terjadi pelepasan koagulan aktif berupa ion logam (biasanya aluminium atau besi) ke dalam larutan, sedangkan pada katoda terjadi reaksi elektrolisis berupa pelepasan gas hidrogen. Pada penelitian ini, metode elektrokoagulasi diaplikasikan pada pengolahan limbah industri penyamakan kulit yang mengandung kromium, dimana elektroda yang digunakan sebagai “*sacrificial electrode*” dalam pengolahan air limbah industri penyamakan kulit adalah aluminium (sebagai katoda dan anoda). Metode ini menggunakan alat yang sederhana, pengoperasian yang mudah, dan dapat menghilangkan banyak polutan.

Studi Pustaka

Industri penyamakan kulit adalah kegiatan ekonomi yang mengolah bahan mentah, bahan baku, barang setengah jadi dan/atau barang jadi menjadi barang mentah untuk pembuatan barang berbahan kulit menggunakan bahan penyamak. Dalam industri penyamakan kulit ada tiga pokok tahapan proses, yaitu : Proses penggerjaan basah (*beam house*), Proses penyamakan (*tanning*), dan Proses akhir (*finishing*). Pada proses pengolahan limbah penyamakan kulit ini berasal dari proses *tanning* menghasilkan limbah dengan kadar krom (Cr), COD, dan TSS masih melebihi baku mutu yang diperbolehkan. Kadar krom (Cr) yang dihasilkan sebesar 2158 mg/L, COD sebesar 9933 mg/L, TSS sebesar 5117 mg/L, dan pH awal sebesar 3,6. Dengan masih tingginya kandungan limbah tersebut maka diperlukan pengolahan limbah yang efektif dengan menggunakan proses elektrokoagulasi.

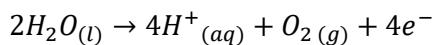
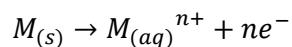
Elektrokoagulasi adalah proses destabilisasi suspensi, emulsi, dan larutan yang mengandung kontaminan dengan cara mengalirkan arus listrik melalui medium sehingga menyebabkan terbentuknya gumpalan yang mudah dipisahkan. Elektrokoagulasi mempunyai kemampuan untuk mengolah berbagai macam polutan termasuk padatan tersuspensi, logam berat, pewarna, bahan organik, minyak dan lemak, ion, dan radionuklida. Karakteristik fisika dan kimia dari polutan mempengaruhi mekanisme pengolahan misalnya polutan berbentuk ion akan diturunkan melalui proses presipitasi sedangkan padatan tersuspensi yang bermuatan akan diabsorbsi oleh koagulan yang bermuatan.

Mekanisme reaksi yang umum terjadi di dalam elektrokoagulasi terbagi dalam tiga faktor utama antara lain:

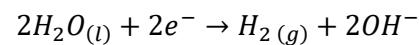
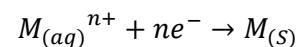
- 1) Terbentuknya koagulan akibat proses oksidasi elektrolisis pada elektroda
- 2) Destabilisasi kontaminan, partikel tersuspensi, dan pemecahan emulsi
- 3) Agregatisasi dari hasil destabilisasi untuk membentuk flok.

Untuk menghasilkan ion logam yang berfungsi sebagai koagulan diperlukan beda potensial diantara elektroda. Perbedaan potensial ini diperlukan untuk menimbulkan reaksi elektrokimia pada masing-masing elektroda. Reaksi yang terjadi di dalam elektroda adalah reaksi reduksi dan oksidasi (redoks). Reaksi elektrokimia dengan logam M sebagai anoda sekaligus katoda adalah sebagai berikut :

Pada Anoda



Pada Katoda

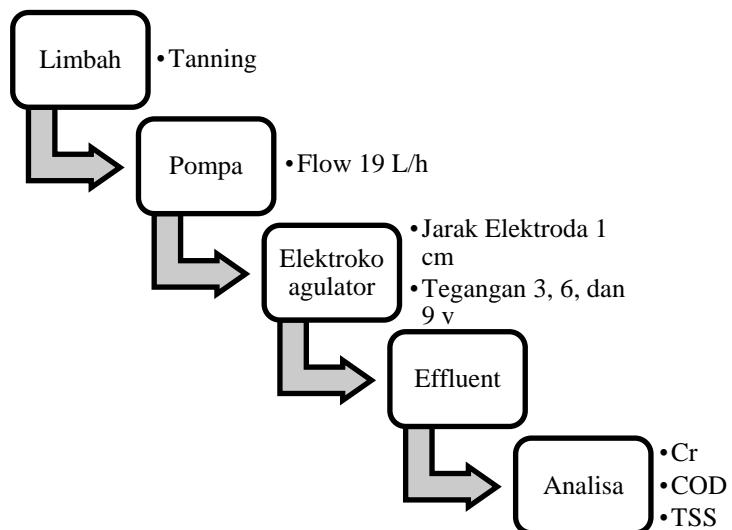


Faktor-faktor yang mempengaruhi proses elektrokoagulasi antara lain : Jarak antar elektroda, Bahan elektroda, Suhu, Rapat arus listrik, tegangan, dan derajad keasaman.

Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan elektrokoagulator yang beroperasi secara kontinyu. Elektrokoagulator yang dibuat adalah berupa bak plastik dan elektroda yang digunakan terdiri dari dua jenis plat logam yaitu untuk katoda menggunakan *stainless steel* dan untuk anoda menggunakan aluminium. Elektroda tersebut dipasang sejajar dengan jarak 1 cm dengan jumlah 12 plat pada

elektrokoagulator. Dalam penelitian ini variabel yang digunakan adalah tegangan dan pemasangan rangkaian listrik elektroda, untuk variabel rapat arus variasi yang digunakan ada tiga macam tegangan yaitu 3, 6, dan 9 volt sedangkan untuk variabel pemasangan rangkaian listrik elektroda variasi yang digunakan juga ada tiga macam yaitu bipolar paralel, monopolar paralel, dan monopolar seri. Waktu pengambilan sampel setiap terjadi waktu sampling interval 15 menit yaitu 15, 30, 45, dan 60 menit. Hasil dari proses elektrokoagulasi nantinya akan dianalisis kandungan krom (Cr) menggunakan alat Spektrofotometer Serapan Atom, *Total Suspended Solid* (TSS) secara gravimetri, dan *Chemical Oxygen Demand* (COD) dengan refluks terbuka secara titrimetri.

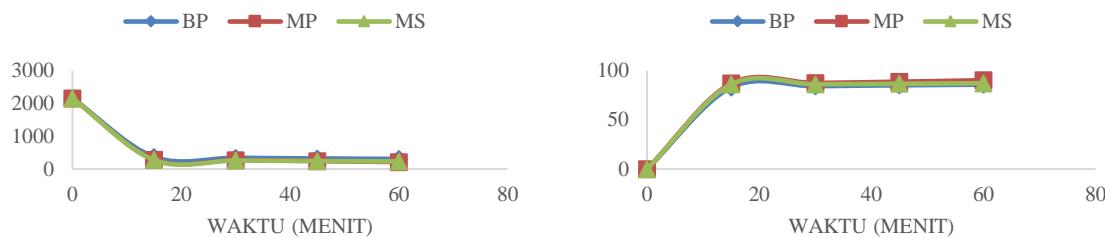


Gambar 1. Skema kerja penelitian

Hasil dan Pembahasan

Pengaruh Pemasangan Rangkaian Listrik Elektroda dan Tegangan terhadap Kadar Cr

Efisiensi penurunan kadar Cr tertinggi terjadi pada voltase 6V dalam pemasangan listrik elektroda MP (Monopolar Paralel) dengan waktu operasi selama 60 menit mampu menurunkan kadar Cr dari 2158 mg/L menjadi 212,3 mg/L dengan efisiensi penurunan 90,16%. Berkurangnya kadar Cr pada limbah diduga karena adanya beberapa macam reaksi yang terjadi dalam larutan pada proses elektrokoagulasi, yaitu : migrasi ke elektroda yang bermuatan berlawanan (*electrophoresis*) dan penggabungan (*aggregation*) untuk membentuk senyawa netral, kation atau ion hidroksi (OH⁻) membentuk endapan dengan polutan, logam kation berinteraksi dengan OH⁻ membentuk hidroksi yang mempunyai sisi yang mengadsorpsi polutan (*bridge coagulation*), hidroksi membentuk struktur besar dan membersihkan polutan (*sweep coagulation*), penyisihan melalui eletroflotasi dan adhesi gelembung udara.

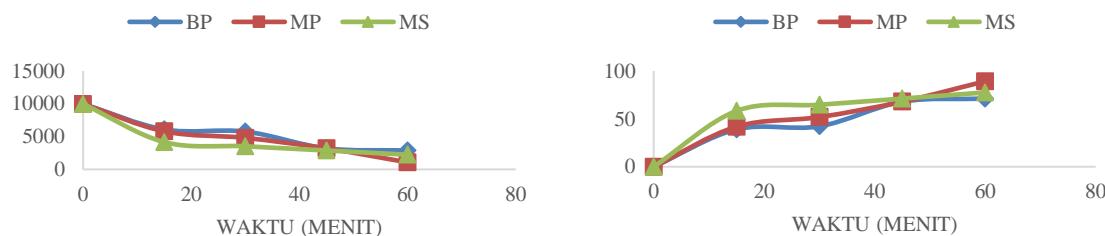


Gambar 2. Kadar Cr pada Tegangan 6V Berbagai Waktu dengan Variasi Pemasangan Rangkaian Listrik Elektroda

Gambar 3. Efisiensi Penurunan Kadar Cr pada Tegangan 6 V Berbagai Waktu dengan Variasi Pemasangan Rangkaian Listrik Elektroda

Pengaruh Pemasangan Rangkaian Elektroda dan Tegangan terhadap Kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Efisiensi penurunan kadar COD tertinggi terjadi pada voltase 6V dalam rangkaian elektroda MP (Monopolar Paralel) dengan waktu operasi selama 60 menit mampu menurunkan kadar COD dari 9967 mg/L menjadi 1080 mg/L dengan efisiensi penurunan 89,16%. Penurunan konsentrasi COD dipengaruhi oleh pembentukan gas oksigen dan hidrogen dalam reaksi reduksi dan oksidasi. Gas hidrogen membantu kontaminan mengapung atau terangkat, hal ini yang menyebabkan tereduksinya *dissolved organic* atau material terlarut termasuk flok Al(OH)_3 yang mengikat limbah organik serta menangkap sebagian limbah organik yang tidak terdeposit pada batang katoda. Produksi hidrogen yang dihasilkan dari reaksi redoks menyebabkan material organik dapat tereduksi, sebagian molekul yang terdapat pada limbah ditangkap oleh ion Al(OH)_3 kemudian penyisihan oleh H_2 sebagai senyawa organik membentuk gelembung yang dapat menurunkan COD.



Gambar 4. Kadar COD pada Tegangan 6V Berbagai Waktu dengan Variasi Pemasangan Rangkaian Listrik Elektroda

Gambar 5. Efisiensi Penurunan COD pada Tegangan 6V Berbagai Waktu dengan Variasi Pemasangan Rangkaian Listrik Elektroda

Pengaruh Pemasangan Rangkaian Elektroda dan Tegangan terhadap Kadar *Total Suspended Solid* (TSS)

Efisiensi penurunan kadar TSS dengan berbagai pemasangan rangkaian elektroda pada tegangan 9V rata-rata mengalami penurunan secara fluktuatif, tingkat penurunan kadar TSS yang paling tinggi sebesar 60,91% yang terdapat pada berbagai rangkaian elektroda. Penurunan kadar TSS disebabkan karena terbentuknya koagulan yang berasal dari reaksi reduksi dan oksidasi elektroda yang dialiri oleh arus listrik DC (*Direct Current*) sehingga dapat mengikat kotoran yang terkandung dalam limbah. Besarnya tegangan yang diberikan selama proses elektrokoagulasi akan mempengaruhi besarnya arus yang mengalir. Semakin besar tegangan yang diberikan selama proses elektrokoagulasi, maka arus yang dihasilkan akan semakin besar. Hal ini akan mempengaruhi besarnya daya yang digunakan untuk proses elektrokoagulasi. Hubungan antara tegangan dan arus ini sesuai dengan persamaan Hukum Ohm.

$$V = I \times R$$

Hasil yang diperoleh tidak sesuai dengan persamaan Hukum Ohm, dimana seharusnya dengan semakin besar tegangan yang digunakan maka koagulan yang dihasilkan akan semakin banyak dan mengikat kotoran yang terdapat pada limbah karena akan menghasilkan arus yang lebih besar pula. Hal ini terjadi karena pada saat proses elektrokoagulasi selain terbentuknya koagulan juga terbentuk flokulan dimana flok-flok yang dihasilkan sebagian dapat mengendap dan sebagian lagi ada yang berflotasi ke atas permukaan. Diduga tingginya nilai TSS karena dipengaruhi oleh lemahnya kuat medan listrik yang dihasilkan diantara elektroda disebabkan dengan semakin besar tegangan yang digunakan maka akan menghasilkan arus yang besar pula sehingga terjadi kejemuhan pada permukaan plat elektroda yaitu semua permukaan plat elektroda tertutup oleh flok-flok yang terbentuk dan menyebabkan berkurangnya kemampuan untuk menarik ion-ion polutan yang tersuspensi dalam limbah.

Proses pembentukan endapan yang terjadi berdasarkan Hukum Faraday yaitu :

$$w = \frac{I \times t \times Mr}{n \times F}$$

Tabel 1. Koagulan yang Terbentuk Berdasarkan Arus yang Mengalir pada Variasi Rangkaian Pemasangan Listrik Elektroda

Rangkaian Elektroda	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	Waktu (Menit)	Massa Koagulan (g)
Bipolar Paralel	3	0,122	15	0,01024
			30	0,02048
			45	0,03072
			60	0,04096
	6	0,259	15	0,02174
			30	0,04348
			45	0,06522
			60	0,08696
	9	0,136	15	0,03316
			30	0,06631
			45	0,09947
			60	0,13262
Monopolar Paralel	3	0,136	15	0,01142
			30	0,02283
			45	0,03425
			60	0,04566
	6	0,272	15	0,02283
			30	0,04566
			45	0,06849
			60	0,09132
	9	0,382	15	0,03206
			30	0,06413
			45	0,09619
			60	0,12826
Monopolar Seri	3	0,250	15	0,00948
			30	0,01897
			45	0,02845
			60	0,03794
	6	0,386	15	0,02098
			30	0,04197
			45	0,06295

9	0,386	60	0,08394
		15	0,03240
		30	0,06480
		45	0,09720
		60	0,12960

Pada tabel 1 ditunjukkan bahwa dengan semakin besarnya arus yang mengalir diantara elektroda maka menyebabkan jumlah koagulan yang terbentuk akan semakin banyak, tetapi pada hasil percobaan bahwa kadar TSS mengalami fluktuasi hal ini dikarenakan dengan semakin banyaknya jumlah koagulan yang terbentuk tidak semuanya akan mengikat jumlah polutan tersuspensi yang ada pada limbah hal ini juga dipengaruhi oleh kuat medan listrik yang dihasilkan karena koagulan yang terbentuk akan menghalangi polutan untuk destabilisasi oleh flok-flok dari koagulan sehingga ikatan antara flok dengan polutan tersuspensi menjadi lemah.

Kesimpulan

Kesimpulan dari hasil penelitian ini yaitu sebagai berikut :

- 1) Pemasangan elektroda dan tegangan dapat mempengaruhi penurunan kadar Cr, COD, dan TSS dimana untuk voltase yang tinggi belum tentu efektif menurunkan kontaminan dan juga sebaliknya. Pemasangan elektroda yang efektif untuk menurunkan kontaminan adalah elektroda yang dialiri arus listrik secara langsung.
- 2) Efektifitas penurunan yang paling tinggi untuk kadar Cr sebesar 90,16%, kadar COD sebesar 89,16%, dan untuk kadar TSS sebesar 60,91%.
- 3) Kondisi operasi yang terbaik dalam proses elektrokoagulasi untuk penurunan kadar Cr, COD, dan TSS menggunakan variabel rangkaian elektroda monopolar paralel dengan tegangan 6 volt selama 60 menit.

Daftar Pustaka

- [1] Abbas, Salman Hussein, and Wail Hassan Ali. "Electrocoagulation Technique Used to Treat Wastewater: A Review". *American Journal of Engineering Research (AJER)*. 7 (10), hlm. 74-88, 2018.
- [2] Demirci, Yavuz, Lutfiye C. Pekel, and Mustafa Alpbaz. "Investigation of Different Electrode Connections in Electrocoagulation of Textile Wastewater Treatment. *International Journal of Electrochemical Science*. vol. 10, hlm 2685-2693, 2015.
- [3] Hanum, Farida. "Aplikasi Elektrokoagulasi dalam Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit". *Jurnal Teknik Kimia USU*. 4 (4), hlm. 13-17, 2015.
- [4] Hernaningsih, Taty. "Tinjauan Teknologi Pengolahan Air Limbah Industri dengan Proses Elektrokoagulasi". *Jurnal Tinjauan Teknologi Pengolahan*. 9 (1), hlm. 31-46, 2016.
- [5] Nurwati, Elisa. "Pengaruh Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit Terhadap Kadar Kromium dalam Tanaman Jahe (*Zingiber officinale*)". *Skripsi. Program Studi Kimia, UIN Sunan Kalijaga, Yogyakarta*, 2009.
- [6] Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah. 2014.
- [7] Sahlan, Luqman R, dkk. "Penurunan Kadar Krom pada Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit dengan Metode Elektrokoagulasi secara Batch". *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia*

- [8] Setianingrum, Novie Putri, dkk. “Pengaruh Tegangan dan Jarak antar Elektroda terhadap Pewarna Remazol Red RB Metode Elektrokoagulasi. *Inovasi Teknik Kimia*. 1 (2), hlm. 93-97, 2016.
- [9] Susetyaningsih R, dkk. 2008. “Kajian Proses Elektrokoagulasi Untuk Pengolahan Air Limbah”. *Seminar Nasional IV SDM Teknologi Nuklir Yogyakarta*, ISSN 1978-0176, 2018.
- [10] Trapsilasiwi, K. R dan Abdu Fadli Assomadi. “Aplikasi Elektrokoagulasi Menggunakan Pasangan Elektroda Alumunium Untuk Pengolahan Air dengan Sistem Kontinyu”. *Jurnal Teknik Lingkungan-FTSP-ITS*. 5 (2), hlm. 1-17, 2016.
- [11] Triatmojo, Suharjono, dkk. “Biosorpsi dan Reduksi Krom Limbah Penyamakan Kulit dengan Biomassa *Fusarium sp* dan *Aspergillus niger*”. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*. 8 (2), hlm. 70-81, 2001.
- [12] Wahyulis, Nur Chanifa, Ita Ulfin, dan Hamami. “Optimasi Tegangan pada Proses Elektrokoagulasi Penurunan Kadar Kromium dari Filtrat Hasil Hidrolisis Limbah Padat Penyamakan Kulit”. *Jurnal Sains dan Seni POMITS*. 3 (2), hlm. C9-C11, 2014.
- [13] Yunitasari, Yonna, Shinta Elystia, dan Ivnaini Andesgur. “Metode Elektrokoagulasi untuk Mengolah Limbah Cair Batik di Unit Kegiatan Masyarakat Rumah Batik Andalan PT Riau Andalan Pulp and Paper (RAPP)”. *Jom F Teknik*. 4 (1), hlm. 1-9, 2017.