

STUDI LITERATUR PENURUNAN KADAR KROM, TSS, DAN *TURBIDITY* PADA LIMBAH CAIR ELEKTROPLATING SKALA RUMAHAN MENGGUNAKAN ELEKTROKOAGULATOR KATODA BERPUTAR SECARA KONTINYU

Rahmanda Febrianto, Bambang Widiono

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang, Indonesia
Febrithekid@gmail.com, [widionomlg@gmail.com]

ABSTRAK

Limbah elektroplating memiliki beberapa kadar logam krom, TSS, dan *turbidity* yang sangat tinggi dengan kadar krom, TSS, dan *turbidity* yang dihasilkan melebihi baku mutu. Nilai baku mutu menurut peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah bagi kegiatan industri untuk kadar Krom 0,5 mg/L untuk TSS 20 mg/L. Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk menurunkan dan mengetahui efisiensi penurunan kadar krom, TSS, dan *turbidity* melalui proses elektrokoagulasi dengan menggunakan elektrokoagulator secara kontinyu dan variabel penelitian yang digunakan yaitu waktu kontak dan tegangan. Elektroda yang digunakan ialah aluminium (Al) sebagai anoda dan katoda. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan bahwa besar tegangan dengan waktu kontak dapat mempengaruhi penurunan kadar logam Krom dan TSS.

Kata kunci: limbah cair elektroplating, elektrokoagulasi, kadar krom (Cr), total suspended solid (TSS), *turbidity*

ABSTRACT

Electroplating waste has some very high levels of chromium, TSS, and Turbidity with the resulting levels of chrome, TSS, and Turbidity exceeding the quality standard. The quality standard value according to the regulation of the Minister of Environment of the Republic of Indonesia Number 5 of 2014 concerning Wastewater Quality Standards for industrial activities for chromium content of 0.5 mg / L for TSS 20 mg / L. The purpose of this research is to reduce and determine the efficiency of decreasing levels of chromium, TSS, and Turbidity through the electrocoagulation process by using electrocoagulators continuously and the research variables used are contact time and voltage. The electrodes used are aluminum (Al) as an anode and cathode. Based on research that has been done that the voltage with contact time can affect the decrease in the levels of chromium and TSS.

Keywords: electroplating liquid waste, electrocoagulation, Chromium (Cr), Total Suspended Solid (TSS), *Turbidity*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan industri yang semakin pesat selain mendatangkan manfaat juga mendatangkan limbah. Kuantitas limbah yang dihasilkan dalam proses elektroplating tidak terlampau besar, tetapi tingkat toksisitasnya sangat berbahaya terutama Cr, Ni, Zn [1]. Karakteristik dan toksisitas limbah dari proses elektroplating bervariasi tergantung dari kondisi operasi dan pelapisan serta cara pembilasan yang dilakukan [2]. Limbah cair yang akan

dibuang ke lingkungan harus mencapai baku mutu yang telah ditetapkan oleh Peraturan Menteri Lingkungan Hidup nomor 362 Tahun 2013 [3]. Elektrokoagulasi adalah proses destabilisasi suspensi, emulsi dan larutan yang mengandung kontaminan dengan cara mengalirkan arus listrik melalui air, menyebabkan terbentuknya gumpalan yang mudah dipisahkan. Elektrokoagulasi terdiri dari tiga proses dasar yaitu elektrolisis, koagulasi dan flotasi [4]. Metode tersebut dapat menurunkan tingkat kekeruhan, seperti pada penelitian [5], pasangan elektroda Al sebagai katoda dan anoda dapat menurunkan parameter kekeruhan sebesar 76,27% dengan waktu kontak 25 menit, demikian juga pada penelitian [6], yang menggunakan pasangan elektroda Al sebagai katoda dan anoda pada tegangan 10,5 volt dengan waktu kontak 60 menit secara batch dapat menurunkan kadar Fe hingga 97%, kekeruhan hingga 99% dan TSS hingga 98%. Maka dari itu, dalam kajian penelitian ini akan dibahas tentang pengolahan limbah cair elektroplating secara kontinyu.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi yang dilakukan pada jurnal ini dilakukan dengan teknik pengumpulan data dengan cara kualitatif yang didasarkan pada beberapa jurnal yang diangkat sesuai judul. Sehingga penelitian yang telah di review dapat dibandingkan dengan penelitian yang lain sehingga didapatkan hasil sesuai dengan yang diharapkan sehingga dapat mencapai tujuan yang diinginkan. Hasil yang diambil dari penelitian lain meliputi data, teknik pengumpulan data, model penelitian, definisi operasional variabel dan metode analisis data.

2.1. 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 [7]. Limbah cair industri elektroplating atau pelapisan logam yang telah di uji analisa karakteristik awalnya dialirkan kedalam reaktor melalui pipa inert. Lalu *Power Supply* DC disambungkan ke arus listrik. Kemudian, sampel hasil diuji analisa. Pengujian kadar krom menggunakan spektrofotometer UV-VIS (ppm), pengujian TSS menggunakan metode Grafimetri (mg/L), dan pengujian *Turbidity* menggunakan turbidimeter (NTU)

Secara umum reaksi yang terjadi pada katoda dan anoda dijelaskan sebagai berikut : pada katoda terjadi reduksi ion H^+ dari suatu asam menjadi gas hidrogen yang akan bebas sebagai gelembung-gelembung gas seperti persamaan berikut :



Sedangkan untuk larutan yang mengalami reduksi pada katoda adalah pelarut (limbah/air) dan terbentuk gas hidrogen (H_2) pada katoda seperti persamaan berikut :



Untuk anoda, anoda terbuat dari logam Aluminium sehingga logam tersebut akan teroksidasi seperti persamaan berikut :



Sedangkan untuk ion OH^- dari basa akan mengalami oksidasi membentuk gas oksigen (O_2) yang ditunjukkan pada persamaan dibawah ini :

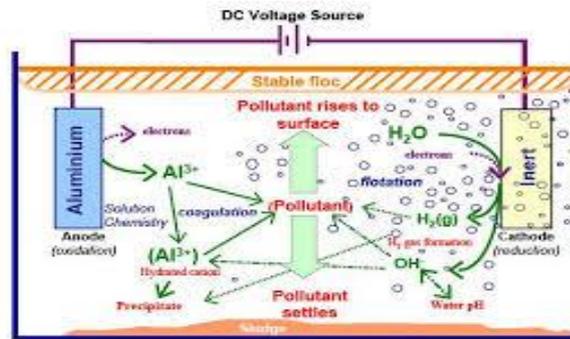


Dari persamaan reaksi tersebut, anoda akan menghasilkan gas H_2 buih dan flok logam hidroksida [8].

2.3.1 Mekanisme Proses Elektrokoagulasi

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

1. Terbentuknya koagulan $Al(OH)_3(s)$ akibat proses elektrolisis pada elektroda
2. Destabilisasi kontaminan, partikel tersuspensi, dan pemecahan emulsi
3. Agregatisasi dari hasil destabilisasi untuk membentuk flok.



Gambar 1. Mekanisme proses elektrokoagulasi [4]

2.3.2 Baku mutu limbah bagi usaha atau kegiatan industri electroplating

Tabel 1. Tabel standar baku mutu limbah cair electroplating

Parameter	Kadar Paling Tinggi Pelapisan Logam (mg/L)	Beban Paling Tinggi Pelapisan Logam (gr/m ²)	Kadar Paling Tinggi Galvanisasi (mg/L)	Beban Paling Tinggi Galvanisasi (gr/m ²)
TSS	20	0,4	20	0,04
Cr ⁶⁺	0,1	0,002	-	-
Cr	0,5	0,01	-	-
pH	6 – 9		6 – 9	
Kuantitas air limbah paling tinggi	20 L per m ² Produk pelapisan logam		2 L per m ² produk pelapisan logam	

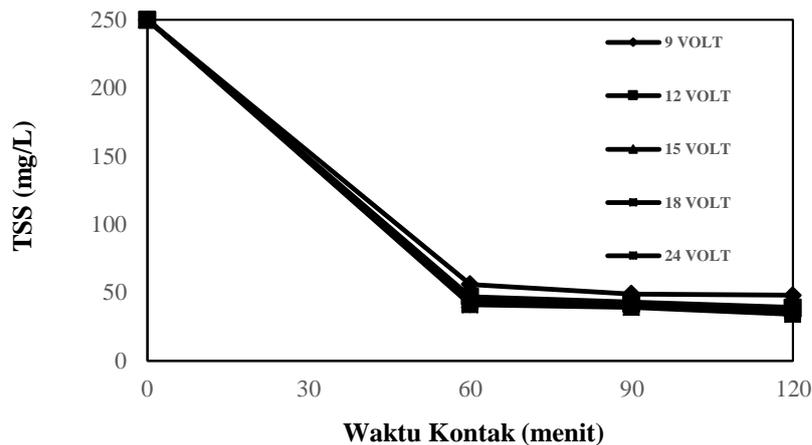
Sumber : Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah.

Dengan baku mutu yang telah ditentukan diharapkan limbah yang masih mengandung logam berat krom akan berkurang sesuai dengan baku mutu yang telah ditentukan. Proses elektrokoagulasi merupakan proses yang melibatkan 2 reaksi yaitu reaksi reduksi dan reaksi oksidasi (redoks), selama proses berlangsung terjadi transfer elektron terhadap elektroda dimana reduktor berperan sebagai pemberi elektron dan oksidator sebagai penerima elektron. Perpindahan elektron tersebut berpengaruh terhadap pembentukan flok – flok yang berfungsi untuk mengikat logam krom. Logam krom yang telah terikat oleh koagulan, sehingga dapat menambah berat jenis flok sehingga flok-flok yang tersuspensi dalam limbah tersebut bergerak kebawah mengikuti gravitasi sehingga membentuk endapan pada dasar reaktor elektrokoagulasi. Dalam pengukuran kadar krom menggunakan alat Spektrofotometri UV-Vis untuk mengetahui kadar krom yang ada pada sampel yang digunakan. Sehingga setelah di proses dengan alat elektrokoagulasi diharapkan mencapai baku mutu yang telah ditentukan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Pengaruh tegangan dan waktu kontak terhadap nilai TSS

TSS merupakan padatan yang tersuspensi dalam suatu larutan, pada elektrokoagulasi kadar TSS merupakan salah satu parameter yang dipertimbangkan, terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi nilai efisiensi TSS yaitu tegangan dan waktu kontak. Menurut data yang di dapatkan Aulianur, dkk. [9] bahwa:



Gambar 2. Kurva perbandingan nilai tegangan dan waktu kontak elektrokoagulasi terhadap nilai TSS limbah cair penyamakan kulit [9]

Gambar 2 menunjukkan seiring dengan peningkatan tegangan dan waktu kontak yang diberikan, maka semakin besar nilai penurunan TSS. Hal ini disebabkan karena penyisihan nilai TSS yang semakin besar terjadi seiring dengan besar tegangan dan waktu kontak elektroda. Semakin banyak dihasilkan koagulan aluminium hidroksida ($Al(OH)_3$) dapat mengadsorpsi zat organik dan inorganik sehingga menyebabkan ketidakstabilan muatan dan membuat padatan tersuspensi membentuk flok yang tidak larut untuk mencapai kestabilannya kembali. Sehingga efisiensi penyisihan nilai TSS pada limbah cair penyamakan kulit juga semakin tinggi.

Tabel 2. Pengaruh lama waktu operasi terhadap nilai TSS

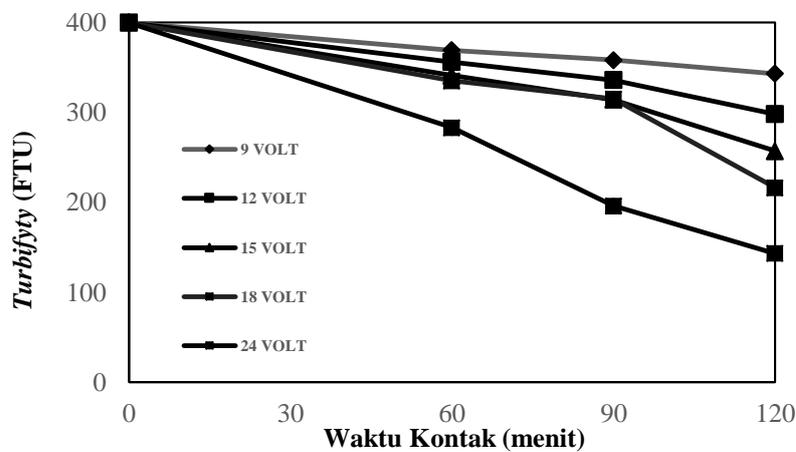
Feed	Waktu Operasi	Nilai TSS		Efisiensi penurunan	Sumber
		Sebelum Proses (mg/L)	Sesudah Proses (mg/L)		
Limbah Radioaktif cair	60	500	290	42%	Prayitno, 2013
	90	500	250	50%	
	120	500	190	62%	
Pewarnaan sarung	15	137	61,65	55%	Ni'am dkk, 2017
	45	137	43,84	68%	
	75	137	34,25	75%	
Limbah PT POMI	15	154	8	94,80%	Qolbi dan Chummaidah, 2018
	30	154	5	96,70%	
	45	154	4	97,40%	

Pada kondisi tegangan yang sama pada setiap pengambilan data dengan variabel waktu yang berubah, didapatkan data pada Tabel 2. Pada limbah radio aktif cair penurunan nilai TSS yang tidak terlalu signifikan, hal ini berbeda dengan data yang diperoleh [10] yang

dapat mereduksi logam berat dengan nilai efisiensi 97,40%. Hal ini dikarenakan perbedaan cairan limbah yang diolah, karena limbah pada PT. POMI memiliki larutan elektrolit yang cukup tinggi. Pada larutan elektrolit yang tinggi sehingga pelepasan Al^{3+} dan OH^- semakin mudah sehingga pembentukan koagulan $Al(OH)_3$ semakin banyak. Dengan pembentukan koagulan $Al(OH)_3$ yang banyak sehingga pengikatan logam berat yang tersuspensi pada limbah cair juga semakin banyak. Dengan pengikatan logam berat yang semakin banyak maka, pembentukan endapan juga semakin banyak sehingga padatan yang tersuspensi semakin kecil seiring dengan penambahan waktu dan tegangan yang diberikan pada saat pengolahan air limbah.

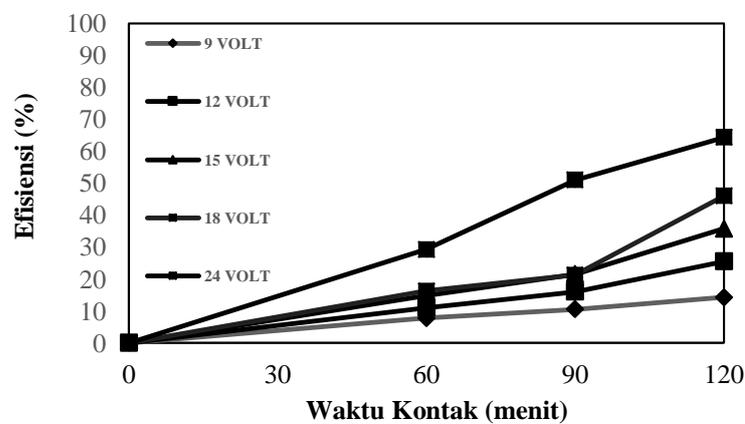
3.2. Pengaruh tegangan dan waktu kontak terhadap penurunan nilai turbidity

Grafik variasi tegangan dan waktu kontak terhadap nilai kekeruhan:



Gambar 3. Kurva perbandingan variasi tegangan dan waktu kontak elektrokoagulasi terhadap nilai kekeruhan limbah cair penyamakan kulit [9]

Grafik variasi tegangan dan waktu kontak terhadap efisiensi penyisihan nilai kekeruhan:



Gambar 4. Kurva perbandingan variasi tegangan dan waktu kontak elektrokoagulasi terhadap efisiensi penyisihan kekeruhan limbah cair penyamakan kulit [9]

Gambar 3 menunjukkan semakin tinggi tegangan dan waktu kontak maka, penurunan nilai kekeruhan semakin besar. Efisiensi penurunan nilai kekeruhan akan semakin tinggi

seperti pada Gambar 4. Elektrokoagulasi dapat menurunkan kekeruhan sebagai fungsi dari waktu artinya semakin besar waktu yang diberikan maka penurunan nilai kekeruhan pada limbah akan semakin besar. Hal ini disebabkan karena koagulan yang dihasilkan mengurai polutan yang menyebabkan kekeruhan dan menyebabkan terjadinya ketidakstabilan muatan sehingga membentuk flok yang tidak larut untuk mencapai kestabilannya kembali.

Dari data menunjukkan bahwa kekeruhan semakin menurun dengan bertambahnya waktu operasi. Hal ini menunjukkan pengaruh positif dari proses elektrokoagulasi, dimana larutan menjadi semakin jernih. Waktu operasi yang semakin lama akan menyebabkan limbah yang tereduksi semakin besar, sehingga padatan-padatan dalam limbah semakin berkurang. Dengan berkurangnya padatan dalam limbah, maka air limbah yang telah diolah menjadi jernih [11].

Tabel 3. Pengaruh lama waktu operasi dan tegangan terhadap nilai *turbidity*

Feed (limbah PT POMI)	Waktu Operasi (menit)	Nilai <i>turbidity</i>		Efisiensi penurunan	Sumber
		Sebelum Proses (NTU)	Sesudah Proses (NTU)		
6 volt	15	154	10,27	93,33%	Qolbi dan Chummaidah, 2018
	30	154	9,25	93,99%	
	45	154	8,77	94,31%	
7,5 volt	15	154	10,13	93,42%	Qolbi dan Chummaidah, 2018
	30	154	8,16	94,70%	
	45	154	6,26	95,94%	
9 volt	15	154	7,85	94,90%	Qolbi dan Chummaidah, 2018
	30	154	6,23	95,95%	
	45	154	5,82	96,22%	

Penelitian yang dilakukan oleh [10] mengacu pada hubungan antara *turbidity* terhadap waktu kontak, pada percobaan tersebut dilakukan dengan metode elektrokoagulasi secara kontinyu dengan menggunakan elektroda silinder berputar. Dari data tabel diatas penurunan kadar *Turbidity* terbaik pada waktu kontak 45 menit yang menunjukkan penurunan nilai *turbidity* dari 154 NTU menjadi 5,82 NTU dengan efisiensi penurunan *turbidity* sebesar terbaik sebesar 96.22 %. Sehingga menunjukkan bahwa kekeruhan semakin menurun dengan bertambahnya waktu operasi. Hal ini menunjukkan pengaruh positif dari proses elektrokoagulasi, dimana larutan menjadi semakin jernih. Waktu operasi yang semakin lama akan menyebabkan limbah yang tereduksi semakin besar, sehingga padatan-padatan dalam limbah semakin berkurang.

3.3. Pengaruh lama waktu operasi dan tegangan terhadap penurunan kadar Krom

Dari data yang telah didapatkan dari jurnal yang didapatkan diketahui bahwa semakin tinggi tegangan yang digunakan maka semakin besar nilai penurunan yang didapat, hal itu dikarenakan tegangan dapat mempengaruhi nilai reduksi pada elektroda aluminium untuk menjadi ion sebagai koagulan pada saat operasi berjalan [12]. Hal ini dapat dibuktikan dengan data yang diperoleh dari beberapa jurnal yaitu:

Dari data yang diperoleh pada penelitian [13] juga menunjukkan bahwa perhitungan massa ion yang berkurang berbeda antara teoritis dan praktek, hal itu dikarenakan karena tinggi tegangan yang digunakan menyebabkan Sebagian kecil ion yang terionisasi tidak terlarut. Dari pernyataan tersebut dapat diketahui bahwa semakin tinggi tegangan maka

semakin banyak massa elektroda berkurang sia – sia. Sehingga, tegangan yang rendah dapat memangkas biaya operasi, sehingga tegangan rendah juga memiliki keuntungan dalam sisi ekonomi[14].

Tabel 4. Pengaruh besar tegangan terhadap penurunan kadar kromium

Feed	Tegangan	Efisiensi penurunan kadar Cr	Sumber
Landfill leachate	1.5 volt	30%	Mahmad dkk, 2016
	2 volt	38%	
	2.5 volt	74%	
Sarung samarinda	4.5 volt	58%	kartika yulianti dkk, 2015
	9 volt	59%	
	12 volt	60%	
Penyamakan kulit	2 volt	39%	Sahlan dkk, 2016
	4 volt	72%	
	6 volt	89%	
	8 volt	96%	
Penyamakan kulit	2 volt	10%	Hernaningsih, 2016
	2.5 volt	29%	
	3 volt	84%	

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari studi literatur dengan mereview beberapa jurnal dapat diambil kesimpulan bahwa pengolahan limbah elektroplating dengan elektroda katoda berputar dapat mengurangi kadar Cr, TSS, dan *turbidity*. Besarnya tegangan sangat berpengaruh terhadap penurunan kadar Cr, TSS, dan *turbidity*. Selain tegangan, lama waktu juga mempengaruhi pengoalahan limbah elektroplating, Semakin lama waktu kontak yang diterapkan pada pengolahan limbah elektroplating penurunan kadar Cr, TSS, dan *turbidity*. Sehingga besarnya tegangan dan lama waktu berbanding lurus dengan hasil penurunan kadar Cr, TSS, dan *Turbidity*. hal ini karena lama waktu operasi dan tegangan berbanding lurus dengan pereduksian polutan limbah. Jadi semakin lama waktu operasi maka efisiensi penurunan kadar Cr, TSS, dan *turbidity* akan semakin besar.

5.2 Saran

Sebagai saran dalam pengolahan limbah elektroplating menggunakan elektroda berputar pada penelitian lebih lanjut sebaiknya menggunakan jenis elektroda yang berbeda untuk dijadikan variabel, karena masih sangat minim sekali sumber yang menyediakan jenis elektroda sebagai variabel dalam proses elektrokoagulasi.

REFERENSI

- [1] Soemantojo, R.W., Wulan, P.P.D.K., 2002, *Presipitasi Bertahap Logam Berat Limbah Cair Industri Pelapisan Logam Menggunakan Larutan Kaustik Soda*, UI Press, Depok.
- [2] Palar, H., 1994, *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*, Rineka Cipta Jakarta.
- [3] Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 365 Tahun 2013 Tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri, Jakarta, Kementrian Negara Lingkungan Hidup.

- [4] Holt, P.K., Barton, G.W., Mark, M., Mitchell, C.A., 2002, *A Quantitative Comparison between Chemical Dosing and Electrocoagulation*, Colloid and Surfaces A: Physicochemilca and Engineering Aspects, Vol. 211, No. 2-3, 233- 248.
- [5] Bambang, H., Harsanti, M., 2010, *Pengolah Limbah Cair Tekstil Menggunakan Proses Elektrokoagulasi dengan Sel Al-Al*, Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan" Universitas Jendral Ahmad Yani.
- [6] Kusuma, A.K., Karyasa, I.W., dan Suardana, I.N., 2014, *Anodizing Logam Alumunium Dengan Variasi Beda Potensial*, Kimia Visvitalis, Vol. 2, 138-145.
- [7] Roihatin, A., Arina, k.R., 2009, *Pengolahan Air Limbah Rumah Pematongan Hewan (RPH) dengan Cara Elektrokoagulasi Aliran Kontinyu*, Jurusan Teknik Kimia, Universitas Diponegoro, Semarang.
- [8] Prayitno, P., Endro, K., 2012, *Percobaan Awal Proses Elektrokoagulasi Sebagai Metode Alternatif pada Pengolahan Limbah Cair*, Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan, Yogyakarta.
- [9] Aulianur, R.W., 2013, *Perbandingan Metode Elektrokoagulasi dengan Presipitasi Hidroksida untuk Pengolahan Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit*, Skripsi, Fakultas Teknologi Pertanian, Bogor, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- [10] Qolbi, L., Chumaidah, I., 2018, *Penurunan Kadar Fe, TSS, dan Turbidity menggunakan proses elektrokoagulasi silinder berputar pada effluent wastewater treatment plant PT. Pomi unit 3, 7/8*, Laporan Akhir, Program Studi D-III Teknik Kimia, Jurusan Teknik Kimia, Malang, Politeknik Negeri Malang.
- [11] Hernaningsis, T., 2016, *Tinjauan Teknologi Pengolahan Air Limbah Industri dengan Proses Elektrokoagulasi*, Jurnal Rekayasa Lingkungan, Vol. 9, No. 1, 31 – 46.
- [12] Yulianti, K., Aman, S., Panggabean., Rahmat, G., 2015, *Penurunan Kadar Ion Logam Kromium Pada Limbah Industri Sarung Samarinda Dengan Menggunakan Metode Elektrokoagulasi*, Jurnal Kimia Mulawarman, Vol. 13, No. 1, 45-49.
- [13] Sahlan, L.R., Radinta, S., Siti, D.K., Titik, M., 2016, *Penurunan Kadar Krom (Cr) dalam Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit dengan Metode Elektrokoagulasi secara Batch*, Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia "Kejuangan", 17 Maret, Yogyakarta.
- [14] Mahmad, M.K.N., 2016, *Electrocoagulation Process By Using Aluminium And Stainless Steel Electrodes To Treat Total Chromium, Colour And Turbidity*, Procedia Chemistry, Vol 19, 681-686.
- [15] Prayitno., Ridantami, V., Muji, M.I., 2018, *Pengaruh Ph Terhadap Penurunan Konsentrasi Thorium Dalam Limbah Menggunakan Proses*, Jurnal Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir, Vol. 24, No. 3, 187–198.
- [16] Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah.