



## Efisiensi Penurunan Kadar Logam Berat (Cr dan Ni) dalam Limbah Elektroplating secara Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Aluminium

Yunan Gumara Yudhistira ✉, Endang Susilaningih, dan Nuni Widiarti

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang  
Gedung D6 Kampus Sekaran Gunungpati Telp. (024)8508112 Semarang 50229

### Info Artikel

Diterima Januari 2018

Disetujui Pebruari 2018

Dipublikasikan Mei 2018

#### Keywords:

elektrokoagulasi  
limbah elektroplating  
aluminium

### Abstrak

Penyebab terjadinya pencemaran adalah banyaknya limbah yang dibuang tanpa melalui pengolahan terlebih dahulu atau sudah diolah tetapi belum sesuai standar. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui variasi waktu elektrolisis, pH, dan jarak antar elektroda untuk mendapatkan kombinasi terbaik pada proses elektrokoagulasi terhadap efisiensi penyisihan logam krom dan nikel pada limbah cair industri elektroplating. Elektroda yang digunakan aluminium. Sampel dianalisis menggunakan *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS). Waktu elektrolisis optimum yang digunakan untuk mengendapkan logam krom dan nikel dalam limbah elektroplating dan limbah artificial yaitu 80 menit. Efisiensi penurunan kadar logam berat pada limbah elektroplating dan artificial pada krom sebesar 73,47 dan 60,63%, sedangkan pada logam nikel sebesar 17,04 dan 52,68%. Jarak antar elektroda optimum logam krom dan logam nikel dalam limbah elektroplating dan limbah artificial yaitu pada jarak 1 cm. Efisiensi penurunan kadar logam berat pada limbah elektroplating dan artificial pada krom sebesar 86,01 dan 84,00%, sedangkan pada logam nikel sebesar 57,64 dan 64,58%. Nilai pH optimum yang digunakan untuk mengendapkan logam krom dalam limbah elektroplating dan limbah artificial yaitu 7, sedangkan pada logam nikel limbah elektroplating yaitu pH 8, pada limbah artificial optimum pada pH 6. Efisiensi penurunan kadar logam berat pada limbah elektroplating dan artificial pada krom sebesar 99,13 dan 98,99%, sedangkan pada logam nikel sebesar 99,26 dan 99,75%.

### Abstract

Cause of the occurrence of pollution is the amount of wastewater that thrown away without processing beforehand or already processed but not up to standard. The purpose this research was to know the variation time of electrolysis, pH, and distance between electrodes to get the best combination of electrocoagulation process on the removal efficiency of chromium and nickel in the electroplating wastewater industry. Electrode of this research is aluminum. Samples were analyzed using AAS. The optimum time of electrolysis used to precipitate chrome and nickel in electroplating wastewater and artificial wastewater which is 80 minutes. The efficiency of decreasing heavy metal content in electroplating and artificial wastewater in chromium is 73.47 and 60.63%, while nickel is 17.04 and 52.68%. The distance between optimum electrode of chromium and nickel in electroplating and artificial wastewater that is at a distance of 1 cm. The efficiency of decreasing heavy metal content in electroplating and artificial wastewater in chromium is 86.01 and 84.00%, while nickel is 57.64 and 64.58%. The optimum pH used to precipitate chromium in electroplating wastewater and artificial wastewater is 7, whereas optimum pH used to precipitate nickel in electroplating wastewater is 8, and optimum pH in artificial wastewater is 6. The efficiency of decreasing heavy metal content in electroplating and artificial wastewater in chromium is 99.13 and 98.99%, while nickel is 99.26 and 99.75%.

## Pendahuluan

Penyebab terjadinya pencemaran adalah banyaknya limbah yang dibuang tanpa melalui pengolahan terlebih dahulu atau sudah diolah tetapi belum memenuhi persyaratan. Limbah hasil elektroplating perlu diolah terlebih dahulu agar dapat diminimalisir dampaknya terhadap lingkungan (Nofitasari *et al.*, 2012). Penyebab utama logam berat menjadi bahan pencemar berbahaya adalah karena sifatnya yang tidak bisa dihancurkan oleh organisme hidup yang ada di lingkungan. Akibatnya, logam-logam tersebut terakumulasi ke lingkungan, terutama mengendap di dasar perairan membentuk senyawa kompleks bersama bahan organik dan anorganik (Kusuma *et al.*, 2015).

Karakteristik dan tingkat toksisitas dari air limbah elektroplating bervariasi tergantung dari kondisi operasi dan proses pelapisan serta cara pembilasan yang dilakukan (Nurhasni *et al.*, 2013). Ion krom (VI) mempunyai kelarutan yang sangat tinggi dalam air. Larutan krom (VI) dapat menyebabkan iritasi mata, tenggorokan, dan hidung. Ion krom (III) tidak larut pada pH netral. (Harmami *et al.*, 2014). Gangguan kesehatan kulit berupa dermatitis kontak, pada paparan langsung kulit terhadap nikel dapat mengakibatkan dermatitis kontak iritan dan kontak alergi pada wanita lebih tinggi disebabkan kontak dengan alat-alat yang mengandung nikel, sedangkan pada pria, sebagian besar terpapar pada saat bekerja, salah satunya pada pekerjaan pelapisan logam yang menggunakan nikel (Brown *et al.*, 2005).

Logam aluminium lebih reaktif, reduktor kuat daripada logam besi, berdasarkan potensial reduksinya: Li – K – Ba – Ca – Na – Mg – Al – Mn – Zn – Cr – Fe – Cd – Ni – Sn – Pb – H – Cu – Hg – Ag – Pt – Au. Kedudukan suatu logam dalam deret tersebut semakin ke kiri semakin reaktif, reduktor semakin kuat. Kedudukan suatu logam dalam deret tersebut, semakin ke kanan maka logam semakin kurang reaktif (semakin sulit melepas elektron), logam makin mudah tereduksi (nilai  $E_o$ ) lebih positif (Ashari *et al.*, 2015). Berdasarkan latar belakang di atas tujuan yang ingin diperoleh dari penelitian yang akan dilakukan adalah: mengetahui variasi waktu elektrolisis, pH, dan jarak antar elektroda untuk mendapatkan kombinasi terbaik pada proses elektrokoagulasi terhadap efisiensi penyisihan logam krom dan nikel pada limbah cair industri elektroplating.

## Metode

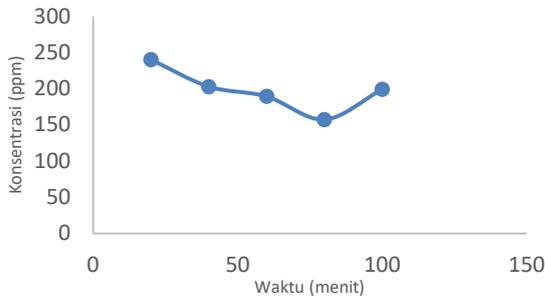
Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah *Atomic Absorption Spectroscopy Perkin Elmer, power supply Stanley, magnetic stirring bar PTFE 4 cm, hot plate Steroglass, pH meter Hanna*. Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini diantaranya adalah limbah cair elektroplating,  $Ni(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ ,  $[Cr(H_2O)_6](NO_3)_3 \cdot 3H_2O$ ,  $HNO_3$ ,  $NaOH$  dengan *grade pro analyst* buatan *Merck* dan akuades.

Dilakukan uji awal pada sampel limbah artificial dan limbah elektroplating, selanjutnya dilakukan elektrokoagulasi pada masing-masing sampel limbah dengan variasi waktu elektrolisis, jarak antar elektroda, dan nilai pH. Hasil elektrokoagulasi tersebut dianalisis menggunakan AAS pada masing-masing variabel bebas.

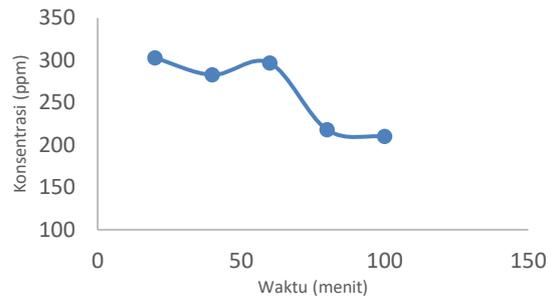
## Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini dipilih tiga variabel bebas, yaitu: waktu elektrolisis dengan selang waktu 20; 40; 60; 80; dan 100 menit, nilai pH 5; 6; 7; 8; dan 9, dan jarak antar elektroda sejauh 1; 2; 3; 4; dan 5 cm. Variabel ini diduga mempunyai efek positif terhadap variabel keadaan yang merupakan target dalam penelitian ini. Hasil yang didapatkan pada penelitian ini berupa data konsentrasi, absorbansi, waktu elektrolisis, pH, dan jarak elektroda. Data – data tersebut dibuat dalam bentuk grafik efektivitas elektrokoagulasi penurunan konsentrasi nikel dan krom. Data yang diperoleh merupakan data dari hasil pengujian yang dilakukan di Laboratorium Kimia Analitik dan Kimia Fisik Universitas Negeri Semarang.

Elektrokoagulasi semakin lama waktu proses maka penurunan parameter pencemaran akan semakin baik, ini juga sesuai hukum faraday yang menyatakan semakin lama waktu proses maka akan semakin banyak koagulan yang terbentuk. Koagulan yang terbentuk semakin banyak maka semakin baik penurunan parameter pencemaran. Penelitian ini dilakukan elektrokoagulasi dengan variasi waktu mulai 20, 40, 60, 80 dan 100 menit. Hasil elektrokoagulasi logam krom pada limbah elektroplating dan limbah artificial dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2. Sedangkan hasil elektrokoagulasi logam nikel pada limbah elektroplating dan limbah artificial dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.



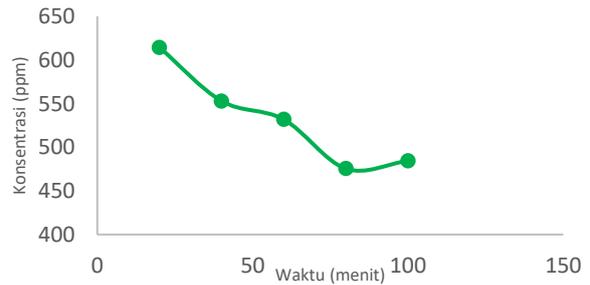
**Gambar 1.** Kurva pengaruh waktu elektrolisis terhadap konsentrasi krom pada limbah elektroplating



**Gambar 2.** Kurva pengaruh waktu elektrolisis terhadap konsentrasi krom pada limbah *artificial*



**Gambar 3.** Kurva pengaruh waktu elektrolisis terhadap konsentrasi nikel pada limbah elektroplating



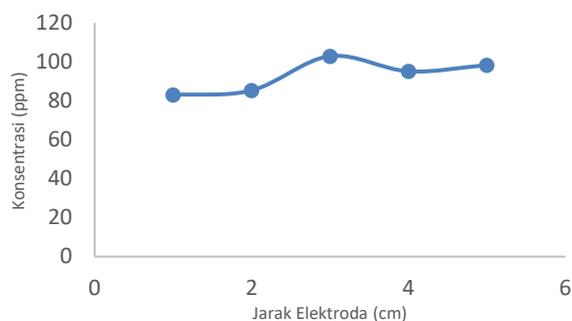
**Gambar 4.** Kurva pengaruh waktu elektrolisis terhadap konsentrasi nikel pada limbah *artificial*

Gambar 1. menunjukkan konsentrasi krom yang tersisa dalam larutan mengalami penurunan seiring dengan penambahan waktu elektrokoagulasi dari menit ke 20-80. Hasil penurunan konsentrasi limbah elektroplating terbesar terdapat berada pada lama waktu elektrolisis 80 menit, dengan konsentrasi akhir setelah elektrokoagulasi untuk logam krom sebesar 157,3 ppm dari konsentrasi awal larutan krom sebesar 593,1 ppm. Penurunan konsentrasi krom pada limbah elektroplating sebesar 435,8 ppm dengan persentase penurunan 73,47%. Gambar 2. menunjukkan penurunan konsentrasi krom sisa setelah elektrokoagulasi waktu elektrolisis dengan konsentrasi akhir sebesar 217,9 ppm dari konsentrasi awal larutan krom limbah *artificial* sebesar 553,5 ppm. Kondisi optimal yang diperlukan dari limbah *artificial* terjadi pada menit ke 80. Penurunan konsentrasi krom sebesar 335,6 ppm dengan persentase penurunan 60,63%

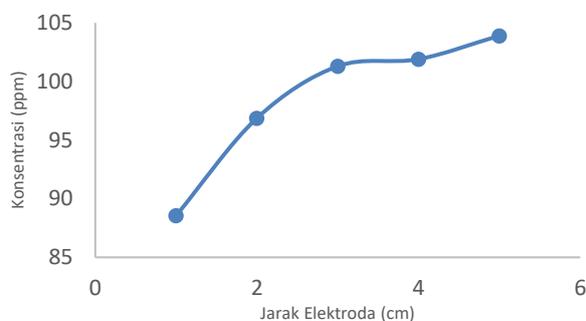
Gambar 3. menunjukkan penurunan konsentrasi nikel limbah elektroplating terbesar yang didapat berada pada lama waktu elektrolisis 80 menit, dengan konsentrasi akhir hasil elektrokoagulasi untuk logam nikel sebesar 3.490 ppm dari konsentrasi awal larutan nikel sebesar 4.207 ppm. Penurunan konsentrasi nikel sebesar 717 ppm dengan persentase penurunan 17,04%. Gambar 4. menunjukkan penurunan konsentrasi nikel sisa setelah elektrokoagulasi waktu elektrolisis kondisi optimal yang diperlukan dari limbah *artificial* terjadi pada menit ke 80 dengan konsentrasi akhir hasil elektrokoagulasi untuk logam nikel sebesar 475,5 ppm dari konsentrasi awal larutan nikel sebesar 1.005 ppm. Penurunan konsentrasi nikel sebesar 529,5 ppm dengan persentase penurunan 52,68%.

Pendapat ini didukung oleh Susetyaningsih *et al.* (2008) yang menyatakan ketika tegangan diberikan ke dalam larutan terus menerus akan menghasilkan jumlah  $Al^{3+}$  dari elektroda yang terbentuk semakin bertambah sehingga jumlah flok  $Al(OH)_3$  pun juga bertambah. Jumlah flok yang terlalu banyak akan menyebabkan kejenuhan pada plat elektroda, sehingga kemampuan elektroda untuk menarik ion-ion kromium dalam limbah akan berkurang. Dampak dari kondisi ini menyebabkan penurunan medan magnet. Prayitno dan Endro Kismolo (2012) juga menyatakan bahwa semakin lama waktu proses elektrokoagulasi akan dihasilkan penurunan kadar padatan terlarut yang semakin besar. Waktu elektrokoagulasi ini juga saling berpengaruh terhadap rapat arus yang digunakan. Semakin besar rapat arus yang digunakan maka waktu elektrolisis semakin singkat. Hal ini terjadi karena adanya perubahan rapat arus akan terjadi medan magnet di sekitar elektroda. Dengan adanya medan magnet ini di sekitar elektroda maka ion-ion logam akan bergerak mengitari pelat elektroda sehingga pada saat itu ada kecenderungan ion-ion logam akan menempel pada seluruh permukaan elektroda.

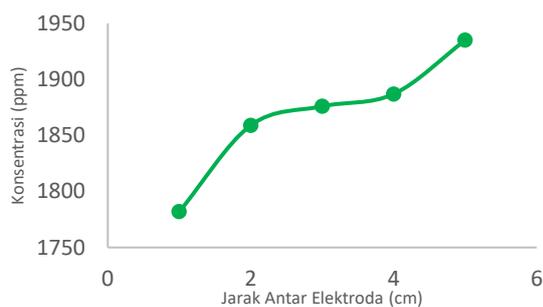
Jarak antar elektroda akan mempengaruhi besarnya hambatan elektrolit, semakin besar jaraknya semakin besar hambatannya, sehingga semakin kecil arus yang mengalir (Putero *et al.*, 2008). Arus yang kecil menyebabkan reaksi yang terjadi tidak maksimal karena jumlah  $Al^{3+}$  menjadi sedikit sehingga polutan yang terendapkan pun juga sedikit. Penelitian ini dilakukan elektrokoagulasi dengan variasi jarak elektroda mulai 1, 2, 3, 4 dan 5 cm. Hasil elektrokoagulasi logam krom pada limbah elektroplating dan limbah artificial dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6. Sedangkan hasil elektrokoagulasi logam nikel pada limbah elektroplating dan limbah artificial dapat dilihat pada Gambar 7 dan Gambar 8.



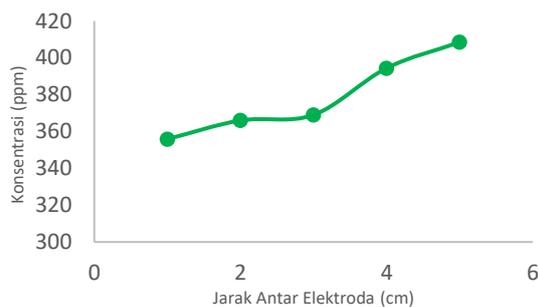
**Gambar 5.** Kurva pengaruh jarak elektroda terhadap konsentrasi krom pada limbah elektroplating



**Gambar 6.** Kurva pengaruh jarak elektroda terhadap konsentrasi krom pada limbah *artificial*



**Gambar 7.** Kurva pengaruh jarak elektroda terhadap konsentrasi nikel pada limbah elektroplating



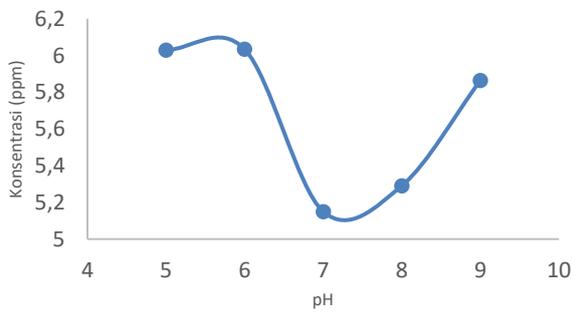
**Gambar 8.** Kurva pengaruh jarak elektroda terhadap konsentrasi nikel pada limbah *artificial*

Gambar 5. menunjukkan konsentrasi krom yang tersisa dalam larutan mengalami penurunan seiring dengan berkurangnya jarak elektroda. Hasil menunjukkan kadar konsentrasi logam krom pada limbah elektroplating terendah pada jarak elektroda 1 cm dengan nilai konsentrasi krom akhir setelah elektrokoagulasi sebesar 82,96 ppm dari konsentrasi awal krom pada limbah elektroplating sebesar 593,1 ppm. Penurunan konsentrasi krom sebesar 510,14 ppm dengan persentase penurunan 86,01%. Gambar 6. menunjukkan penurunan kadar konsentrasi krom pada limbah artificial terendah di jarak antar elektroda 1 cm dengan nilai konsentrasi krom akhir setelah elektrokoagulasi sebesar 88,56 ppm dari konsentrasi awal krom pada limbah artificial sebesar 553,5 ppm. Penurunan konsentrasi krom sebesar 464,94 ppm dengan persentase penurunan 84,00%.

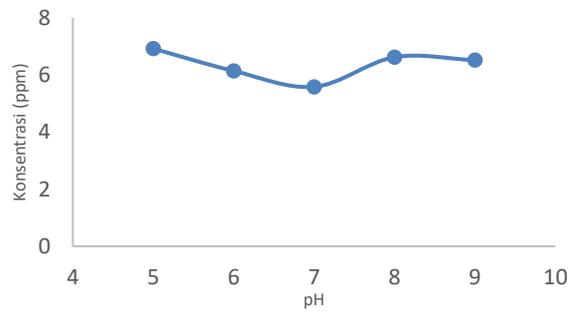
Gambar 7. menunjukkan konsentrasi nikel yang tersisa dalam larutan mengalami penurunan seiring dengan berkurangnya jarak elektroda. Hasil menunjukkan kadar konsentrasi logam nikel pada limbah elektroplating terendah pada jarak elektroda 1 cm dengan konsentrasi akhir nikel sebesar 1.782 ppm dari konsentrasi awal nikel pada limbah elektroplating sebesar 4.207 ppm. Penurunan konsentrasi nikel sebesar 2.425 ppm dengan persentase penurunan 57,64%. Jarak antar elektroda semakin jauh maka konsentrasi akhir setelah elektrokoagulasi pada limbah artificial tersebut semakin naik. Gambar 8. menunjukkan kadar konsentrasi nikel pada limbah artificial terendah di jarak antar elektroda 1 cm dengan konsentrasi akhir nikel sebesar 355,9 ppm dari konsentrasi awal nikel pada limbah artificial sebesar 1.005 ppm. Penurunan konsentrasi nikel sebesar 649,1 ppm dengan persentase penurunan 64,58%.

Penurunan nilai kadar logam nikel seiring dengan berkurangnya jarak dari kedua elektroda aluminium yang digunakan. Bertambahnya jarak yang harus ditempuh oleh ion-ion yang dihasilkan sebagai koagulan dari kedua elektroda, sehingga membutuhkan waktu lebih seiring dengan bertambahnya jarak kedua elektroda, mengakibatkan kenaikan konsentrasi pada parameter dengan jarak elektroda lebih besar dibanding dengan jarak elektroda yang lebih kecil jaraknya (Kartika *et al.*, 2015). Jarak elektroda berbanding lurus dengan absorbansi yang artinya bahwa jumlah polutan yang terendapkan semakin banyak dengan jarak elektroda yang semakin kecil (Siringo *et al.*, 2013).

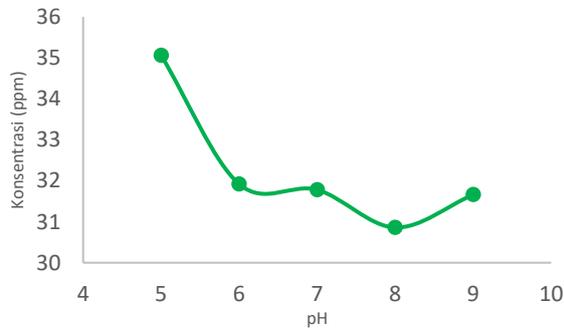
Derajat keasaman (pH) merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi proses elektrokoagulasi. Elektrokoagulasi dapat berlangsung optimum atau minimum pada kondisi pH tertentu. Pada penelitian limbah buatan dan limbah elektroplating dikondisikan nilai pH 5; 6; 7; 8; dan 9. Hal ini karena proses elektrokoagulasi membutuhkan OH<sup>-</sup> untuk membentuk koagulan Al(OH)<sub>3</sub>. Penelitian ini dilakukan elektrokoagulasi dengan variasi pH mulai 5; 6; 7; 8; dan 9. Hasil elektrokoagulasi logam krom pada limbah elektroplating dan limbah artificial dapat dilihat pada Gambar 9 dan Gambar 10. Sedangkan hasil elektrokoagulasi logam nikel pada limbah elektroplating dan limbah artificial dapat dilihat pada Gambar 11 dan Gambar 12.



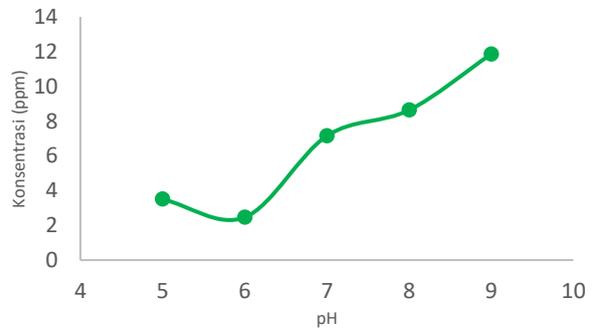
**Gambar 9.** Kurva pengaruh pH terhadap konsentrasi krom pada limbah elektroplating



**Gambar 10.** Kurva pengaruh pH terhadap konsentrasi krom pada limbah *artificial*



**Gambar 11.** Kurva pengaruh pH terhadap konsentrasi nikel pada limbah elektroplating



**Gambar 12.** Kurva pengaruh pH terhadap konsentrasi nikel pada limbah *artificial*

Gambar 9. menunjukkan konsentrasi krom yang tersisa dalam larutan mengalami penurunan pada saat nilai pH 6-8 (mendekati netral). Hasil yang diperoleh dari variasi pH limbah elektroplating dengan waktu elektrolisis 80 menit, tegangan 6 volt dan jarak elektroda 1 cm menghasilkan pH optimum 7. Penurunan konsentrasi terendah terjadi pada pH 7 untuk logam krom dengan nilai konsentrasi akhir sebesar 5,150 ppm dari konsentrasi awal krom pada limbah elektroplating sebesar 593,1 ppm. Penurunan konsentrasi krom sebesar 587,95 ppm dengan persentase penurunan 99,13%. Gambar 10. menunjukkan diperoleh pH optimum pada pH 7, dengan konsentrasi akhir logam krom setelah elektrokoagulasi sebesar 5,585 ppm dari konsentrasi awal krom pada limbah *artificial* sebesar 553,5 ppm. Penurunan konsentrasi krom sebesar 547,915 ppm dengan persentase penurunan 98,99%.

Gambar 11. menunjukkan konsentrasi nikel yang tersisa dalam larutan mengalami penurunan pada saat nilai pH 6-8 (mendekati netral). Penurunan nilai kadar logam nikel pada limbah elektroplating pada pH 5 terjadi penurunan konsentrasi paling sedikit. Konsentrasi terendah terjadi pada pH 8 untuk logam nikel pada limbah elektroplating dengan konsentrasi akhir sebesar 30,86 ppm dari konsentrasi awal nikel pada limbah elektroplating sebesar 4.207 ppm. Penurunan konsentrasi krom sebesar 4176,14 ppm dengan persentase penurunan 99,26%. Gambar 12. menunjukkan penurunan konsentrasi pada pH diatas 6 menjadi lebih sedikit seperti pada pH dibawah 6, penurunan konsentrasi nikel pada limbah artificial diperoleh pH optimum pada pH 6, dengan konsentrasi akhir logam nikel sebesar 2,462 ppm dari konsentrasi awal nikel pada limbah artificial sebesar 1.005 ppm. Penurunan konsentrasi krom sebesar 1.002,5 ppm dengan persentase penurunan 99,75%.

Hasil yang diperoleh dari variasi pH limbah elektroplating dengan waktu elektrolisis 80 menit, tegangan 6 volt dan jarak elektroda 1 cm menghasilkan pH optimum 7. Penurunan nilai kadar logam krom pada limbah elektroplating pada pH 5 terjadi penurunan konsentrasi paling sedikit, dikarenakan menjadi pasif sebab kemampuan memproduksi ion aluminium terbatas pada jumlah krom yang terikat sangatlah sedikit, ini diduga karena pada kondisi tersebut terjadi kemasifan elektroda. Kemasifan elektroda mempunyai kecenderungan pada rentang pH tertentu (Susetyaningsih *et al.*, 2008).

Saputra dan Hanum (2016), menyatakan bahwa pH memiliki pengaruh yang besar terhadap pengendapan logam. Tiap logam memiliki pH spesifik saat kelarutannya minimum, sehingga dapat mengendap dengan maksimal. Dari grafik dapat terlihat bahwa semakin besar pH (semakin basa) maka kadar Ni dalam limbah setelah proses koagulasi semakin kecil. Hal ini disebabkan pada pH yang semakin basa maka konsentrasi Ni terlarut telah melewati (lebih tinggi) dari hasil kali kelarutan, sehingga pada pH basa Ni mengendap sempurna. Ni terlarut dalam limbah akan mulai mengendap pada pH 6 dan mengendap sempurna pada pH 9.

### Simpulan

Waktu elektrolisis optimum yang digunakan untuk mengendapkan logam krom dan nikel dalam limbah elektroplating dan limbah artificial yaitu 80 menit. Efisiensi penurunan kadar logam berat pada limbah elektroplating dan artificial pada krom sebesar 73,47 dan 60,63%, sedangkan pada logam nikel sebesar 17,04 dan 52,68%. Jarak antar elektroda optimum logam krom dan logam nikel dalam limbah elektroplating dan limbah artificial yaitu pada jarak 1 cm. Efisiensi penurunan kadar logam berat pada limbah elektroplating dan artificial pada krom sebesar 86,01 dan 84,00%, sedangkan pada logam nikel sebesar 57,64 dan 64,58%. Nilai pH optimum yang digunakan untuk mengendapkan logam krom dalam limbah elektroplating dan limbah artificial yaitu 7, sedangkan pada logam nikel limbah elektroplating yaitu pH 8, pada limbah *artificial* optimum pada pH 6. Efisiensi penurunan kadar logam berat pada limbah elektroplating dan *artificial* pada krom sebesar 99,13 dan 98,99%, sedangkan pada logam nikel sebesar 99,26 dan 99,75%.

### Daftar Pustaka

- Ashari., D. Budianta., D. Setiabudidaya. 2015. Efektivitas Elektroda pada Proses Elektrokoagulasi untuk Pengolahan Air Asam Tambang. *Jurnal Penelitian Sains*, 17 (2): 45-50
- Brown, G., Robin., B. Tony. 2005. *The Notes on Dermatologi*. Edisi 8. Alih Bahasa: Zakaria, Anies, Editor : Safitri, Amalia. Jakarta: PT. Gelora Aksara Pratama
- Harmami., I. Ulfin., R. Setyowuryani. 2014. Penurunan Kadar Kromium dari Limbah Cair Industri Penyamakan Kulit dengan Metode Elektrokoagulasi. *Prosiding Seminar Nasional Kimia*. Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Surabaya
- Kartika, Y., A.S. Panggabean., R. Gunawan. 2015. Penurunan Kadar Ion Logam Kromium pada Limbah Industri Sarung Samarinda dengan Menggunakan Metode Elektrokoagulasi. *Jurnal Kimia Mulawarman*, 13 (1): 45-49
- Kusuma, S.H., A.T. Prasetya., M. Alauhdin. 2015. Penentuan Kadmium dalam Limbah Elektroplating dengan Metode Kopresipitasi Menggunakan Amonium Pirolidin Ditiokarbamat. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 4 (1): 1-5
- Nofitasari, R., G. Samudro., Junaidi. 2012. Studi Penurunan Konsentrasi Nikel dan Tembaga pada Limbah Cair Elektroplating dengan Metode Elektrokoagulasi. *Jurnal Presipitasi*, 9 (2) 1-8
- Nurhasni., Z. Salimin., I. Nurifitriyani. 2013. Pengolahan Limbah Industri Elektroplating dengan Proses Koagulasi Flokulasi. *Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung*, 3 (1): 41-47

- Prayitno & E. Kismolo. 2012. Percobaan Awal Proses Elektrokoagulasi sebagai Metode Alternatif pada Pengolahan Limbah Cair. *Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Penelitian Dasar Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir*. Yogyakarta: PTAPB BATAN
- Putero, S.H., Kusnanto., Yusriyani (2008). Pengaruh Tegangan dan Waktu pada Pengolahan Limbah Radioaktif yang Mengandung Sr-90 Menggunakan Metode Elektrokoagulasi. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi dan Keselamatan PLTN Serta Fasilitas Nuklir*. Bandung
- Saputra, E., F. Hanum. 2016. Pengaruh Jarak Antara Elektroda pada Reaktor Elektrokoagulasi terhadap Pengolahan Effluent Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 5 (4): 33-38
- Siringo, R.E., A. Kusrijadi., Y. Sunarya. 2013. Penggunaan Metode Elektrokoagulasi pada Pengolahan Limbah Industri Penyamakan Kulit Menggunakan Aluminium sebagai *Sacrificial Electrode*. *Jurnal Sains dan Teknologi Kimia*, 4 (2): 96-107
- Susetyaningsih, R., E. Kismolo., Prayitno. 2008. Kajian Proses Elektrokoagulasi untuk Pengolahan Limbah Cair. *Seminar Nasional IV SDM Teknologi Nuklir*. Yogyakarta