

# **PENGARUH KUAT ARUS TERHADAP PENURUNAN KONDUKTIFITAS PADA PROSES ELEKTRODISPOSISI UNTUK PENGOLAHAN LIMBAH CAIR DENGAN TEKNIK DEKONTAMINASI ELEKTROLITIK**

**Dwi Luhur Ibnu Saputra, Sutoto**

*Pusat Teknologi Limbah Radioaktif - BATAN*

## **ABSTRAK**

**PENGARUH KUAT ARUS TERHADAP PENURUNAN KONDUKTIFITAS PADA PROSES ELEKTRODISPOSISI UNTUK PENGOLAHAN LIMBAH CAIR DENGAN TEKNIK DEKONTAMINASI ELEKTROLITIK.** Proses dekontaminasi dari peralatan yang berbahan logam dapat dilakukan dengan pelarutan asam kuat. Pengikisan dari pelarut asam tersebut menghasilkan limbah sekunder yang mengandung unsur logam dari campuran *stainless steel*. Kandungan limbah tersebut terdiri dari unsur Fe, Ni dan Cr. Proses elektrodiposisi digunakan untuk mengambil kontaminan dari pengikisan yang berasal dari pelarutan asam tersebut. Optimasi kuat arus ditentukan dengan memvariasikan arus yaitu 1, 2 dan 3 Ampere. Limbah awal yang digunakan 80 ppm setiap unsurnya dan analisis yang dilakukan dengan menggunakan pengukuran konduktifitas dalam larutan dengan alat *conductivity meter* merk *Aeutech*. Nilai konduktifitas merupakan pendekatan dari jumlah unsur logam yang berpindah. Hasil yang optimal dari proses tersebut diperoleh pada arus sebesar 1 Ampere.

Kata kunci : Elektrodiposisi, Dekontaminasi, *Stainless steel*

## **ABSTRACT**

**EFFECT OF ELECTRIC CURRENT ON THE DECREASE OF CONDUCTIVITY IN THE ELECTRODISPOSITION PROCESS FOR LIQUID WASTE TREATMENT USING ELECTROLITIC DECONTAMINATION TECHNIQUE.** Decontamination process of metal made equipments can be performed with strong acids dissolution. The erosion of the acid solvent generates secondary waste containing metal elements from the stainless steel alloy. The waste consists of Fe, Ni and Cr. The electrodisposition process is performed to reduce the contaminants from the erosion of the acid solvent. The optimum current is determined by variation the currents of 1, 2 and 3 Ampere. The initial waste is 80 ppm per element and the analysis is performed using conductivity measurements in solution with *Aeutech* conductivity meter. The conductivity value is the amount approximation of moving element. The optimum result of the process is obtained at a current of 1 Ampere.

Keywords: *Electrodisposition, Decontamination, Stainless steel*

## **PENDAHULUAN**

Dalam praktek penggunaan peralatan atau bahan yang bersinggungan dengan unsur radioaktif dapat menimbulkan kontaminan pada permukaannya. Peralatan dalam instalasi nuklir banyak menggunakan bahan *stainless steel* karena sifat bahan yang tahan terhadap korosi dan mempunyai tingkat kekuatan yang tinggi. Pada instalasi dapat di jumpai peralatan berbahan *stainless steel* seperti tangki, pemipaan dan pendukung sistem peralatan lainnya. Pada pekerjaan *maintenance* dapat dilakukan pergantian peralatan karena kerusakan atau umur komponen alat sudah lama. Pada pekerjaan dekomisioning diperlukan juga teknik *dismanting* pada komponen peralatan baik yang mengandung *stainless steel* atau bahan lain. Bagian potongan dari hasil *dismantling* tersebut perlu dilakukan dekontaminasi menyeluruh sebelum menjadi aman terhadap pekerja dan lingkungan. Faktor keselamatan bagi pekerja dapat dilakukan dengan mengukur kontaminasi pada peralatan tersebut. Pertimbangan untuk mendekontaminasi harus memenuhi tingkat keselamatan bagi

pekerja, efisiensi, jumlah limbah sekunder yang dihasilkan dan biaya dekontaminasi yang dibutuhkan[1]. Dekontaminasi dengan pengikisan logam dengan perendaman menggunakan asam kuat dapat dipilih untuk mendekontaminasi. Pusat Teknologi Limbah Radioaktif memiliki fasilitas dekontaminasi pengikisan logam dengan bak perendaman menggunakan asam kuat. Limbah sekunder yang ditimbulkan dari proses dekontaminasi tersebut mempunyai volume yang besar. Limbah tersebut tidak dapat diolah langsung dengan menggunakan evaporator karena masih mengandung asam dengan pH yang tinggi. Pemisahan radionuklida dengan larutan asamnya dilakukan dengan metode elektrokimia.

Penelitian ini dilakukan untuk menentukan optimalisasi dan efektifitas dari beberapa arus yang digunakan untuk mendisposisikan ion – ion di elektroda katoda. Analisis larutan dilakukan dengan mengukur langsung nilai konduktifitas menggunakan *conductivity meter*. Berkurangnya nilai konduktifitas merupakan pendekatan ion logam yang berkurang pada limbah simulasi yang telah mendisposisikan di elektroda katoda

### **Limbah Hasil Dekontaminasi *stainless steel***

Bahan *stainless steel* mempunyai kandungan yang paling dominan adalah kromium paling sedikit 11 % hingga 26 % dilakukan untuk mendapatkan ketahanan yang tinggi terhadap oksidasi. Bahan penyusun lainnya berupa nikel murni, dan paduan dari *ferronikel* (Fe-Ni), *ferrochrom* (Fe-Cr), *ferromangnesium* (Fe-Mg), *ferromangan* (Fe-Mn), *ferrosilicon* (Fe-Si), *ferromolybden* (Fe-Mo) dan scrap low carbon steel.[2]. Baja paduan *stainless steel* dengan tipe 304 banyak digunakan untuk alat industri. Baja paduan *stainless steel* 304 merupakan jenis baja tahan karat *austenitic stainless steel* yang memiliki komposisi 0,042% C, 1,19% Mn, 0,034% P, 0,006% S, 0,049% Si, 18,24% Cr, 8,15% Ni, dan sisanya Fe[3]. Baja paduan *stainless steel* tipe 316 L mempunyai ketahanan karat yang tinggi yang mengandung campuran *ferronikel* (Fe-Ni), *ferrochrom* (Fe-Cr), dan *ferromolybden* (Fe-Mo)[4].

Limbah sekunder hasil dekontaminasi mengandung logam terlarut dan sangat berbahaya, terkandung unsur – unsur kation dari pengikisan pada permukaan *stainless steel*. Pengikisan permukaan *stainless steel* ini terkandung asam kuat berkisar antara 3% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan 1,5% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>[5]. Kontaminasi pada permukaan *stainless steel* berupa lapisan pada permukaan berupa kerak dari garam – garam yang terkandung unsur radionuklida seperti *cesium*. Perendaman *stainless steel* dengan asam – asam kuat dengan pengaruh waktu dan suhu akan mengakibatkan unsur logam penyusun bahan *stainless steel* terdegradasi. Secara umum bahan *stainless steel* tipe SS 304 dan 316 L memiliki komposisi unsur terbanyak yaitu Cr, Ni, dan Fe.

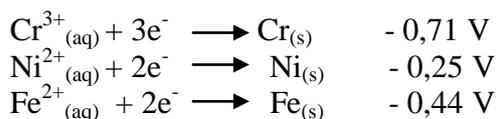
### **Metode Elektrokimia**

Elektrokimia adalah ilmu yang mempelajari perpindahan elektron secara kimia yang terjadi pada media elektrolit yang bermuatan listrik. Elektrokimia mempunyai dua bentuk yaitu sel volta dan sel elektrolisis. Sel volta adalah perubahan dalam sel dari reaksi kimia menjadi energi listrik. Sel elektrolisis adalah perubahan dalam sel dari energi listrik menjadi reaksi kimia. Metode elektrodiposisi merupakan bentuk dari sel elektrolisis yang menggunakan arus listrik untuk merubah senyawa larutan menjadi ionik. Katoda di elektrolisis memiliki muatan negatif

sedangkan anoda memiliki muatan positif yang sesuai dengan prinsip kerja arus listrik. Larutan akan mengalami proses ionisasi menjadi kation dan anion. Kation di katoda akan mengalami reduksi sedangkan di anoda akan mengalami oksidasi.

### Metode Elektrodisposisi

Limbah hasil dekontaminasi dengan perendaman tidak bisa dilakukan pengolahan menggunakan evaporator karena tingkat keasaman yang tinggi yang akan menyebabkan korosif pada *tube* evaporator. Limbah yang mengandung keasaman yang tinggi berkisar antara pH 1 dan 2, dilakukan dengan pengolahan secara elektrodisposisi yaitu mengambil unsur kontaminan yang terkandung di dalam limbah tersebut. Prinsip dari elektrokimia adalah merubah energi listrik menjadi energi kimia dengan memindahkan elektron pada ion yang terkandung dari anoda ke katoda. Limbah yang akan diolah sudah mengandung elektrolit sehingga dapat digunakan sebagai media dalam elektrokimia. Elektrodisposisi adalah proses perpindahan elektron dari anoda dan mendeposit ke katoda melalui media elektrolit[6]. Perpindahan elektron dalam anoda diakibatkan dari arus yang mengalir dari dua buah elektroda. Pada elektroda dianoda digunakan elektroda yang bersifat *inert* seperti Au (+1,70), Pt (+1,50) tetapi penggunaan elektroda ini sangat mahal. Elektroda dapat digantikan dengan logam yang mempunyai nilai potensial elektroda yang besar (bernilai positif) seperti Ag (+0,80). Elektroda yang mempunyai nilai potensial elektroda yang besar tidak mudah untuk mengalami perpindahan pada elektronnya. Elektroda yang mempunyai nilai potensial elektroda kecil akan mudah sekali untuk mengalami perpindahan elektronnya. Limbah yang terkandung ion logam dari dekontaminasi *stainless steel* mempunyai nilai besar potensial elektroda pada sebagai berikut:



## METODOLOGI PENELITIAN

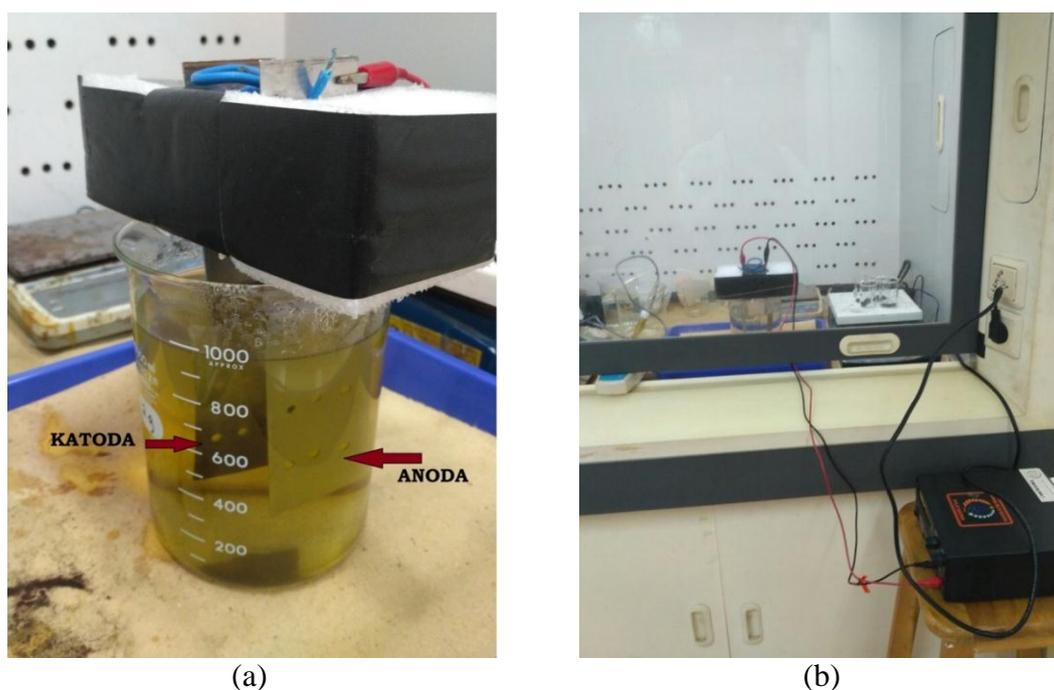
### Bahan dan Alat yang digunakan

Limbah yang digunakan merupakan limbah simulasi yang berasal dari bahan kimia merk. Bahan yang digunakan bahan kimia  $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ , dan  $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ . Alat yang digunakan adalah rangkaian elektrokimia berupa generator arus DC, kabel dan elektroda *stainless steel*. Alat pengukuran menggunakan *conductivity meter*. Alat pendukung lainnya adalah neraca analitik, magnetic stirer dan peralatan gelas.

### Langkah percobaan

Membuat limbah simulasi yang mengandung unsur krom dengan menggunakan bahan kimia  $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ , limbah simulasi yang mengandung unsur Fe dengan menggunakan bahan kimia  $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  dan limbah simulasi yang mengandung unsur Ni dengan menggunakan bahan kimia  $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  dengan masing – masing konsentrasi sebesar 80 ppm per liter. Pelarut yang digunakan pada limbah tersebut menggunakan asam nitrat dengan konsentrasi sebesar 0,1 N. Larutan

limbah simulasi tersebut dimasukan dalam wadah beaker gelas dengan volume 1000 ml. Merangkai peralatan elektrokimia dengan memasukan dua elektroda dari stainless steel dengan ukuran 11 x 4 cm kedalam larutan limbah. Pada elektroda anoda dipasang sumber arus positif dan pada elektroda katoda dihubungkan arus negatif. Arus dan tegangan yang digunakan berasal dari generator DC. Penelitian dilakukan dengan memvariasi arus dari 1, 2 dan 3 Ampere. Pengambilan data konduktifitas limbah simulasi dilakukan setiap 5, 10, 15, 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 270 dan 300 menit dengan cara mengukur langsung. Untuk pengukuran konduktifitas dengan arus yang berbeda dilakukan dengan konsentrasi limbah 80 ppm setiap akan dilakukan proses elektrodisposisi. Proses elektrodisposisi dilakukan di dalam lemari asam untuk mengantisipasi gas  $H_2$  yang akan keluar dari proses elektrolisis. Rangkaian proses elektrokimia dapat dilihat pada Gambar.1



**Gambar 1.** Rangkaian peralatan elektrokimia untuk penurunan konduktifitas pada limbah simulasi logam berat. (a) Rangkain elektroda dalam limbah simulasi. (b). Rangkaian elektrokimia dalam lemari asam

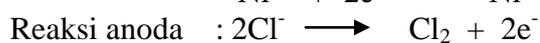
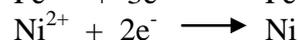
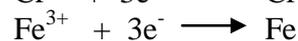
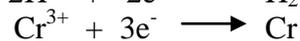
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil yang diharapkan dari proses ini adalah dengan berkurangnya nilai konduktifitas ditandai dengan penurunan nilainya dalam larutan limbah simulasi. Hasil yang didapat bahwa pada setiap arus yang digunakan dapat terjadi perpindahan elektron dalam ion yang terkandung dalam limbah simulasi sehingga dapat menurunkan nilai konduktifitas dari limbah simulasi tersebut. Elektroda yang digunakan berbahan stainless steel yang bersifat tidak inert terhadap reaksi yang terjadi. Reaksi yang berlangsung tidak mempengaruhi nilai konduktifitas dalam limbah simulasi. Parameter yang digunakan adalah nilai konduktifitas limbah tersebut bukan pada berat hasil deposisi. Diposisi ion – ion ke katoda dipengaruhi langsung oleh anoda yang terkandung. Penggunaan *stainless steel* pada elektroda

mempengaruhi hasil reaksi diposisi pada katoda karena elektroda tersebut tidak bersifat *inert*.

Arus yang digunakan divariasikan dari 1,2 dan 3 Ampere untuk melihat penurunan nilai konduktifitas pada limbah simulasi. Pemberian arus pada limbah simulasi mengakibatkan berkurangnya nilai konduktifitas awal dikarenakan perpindahan ion dari anoda ke katoda. Semua limbah simulasi mengandung pH yang sama yaitu 1,75 sehingga tidak terjadi pengaruh pH terhadap proses elektrodiposisi. Semua ion logam berat dalam limbah simulasi mengalami penurunan nilai konduktifitas yang berasal dari reaksi oksidasi dan reduksi yang terjadi. Reaksi oksidasi dan reduksi yang terjadi dari senyawa HNO<sub>3</sub> dengan limbah simulasi unsur Cr, Fe dan Ni

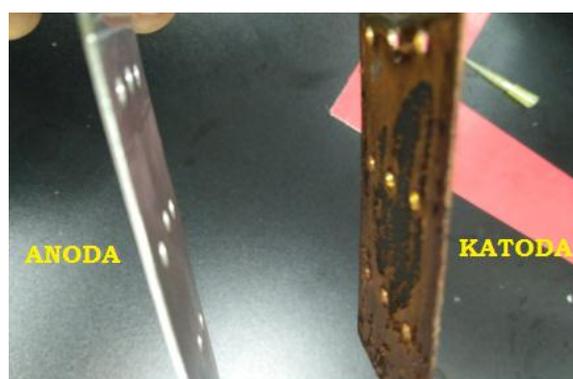
Larutan elektrolit HNO<sub>3</sub> dan limbah simulasi



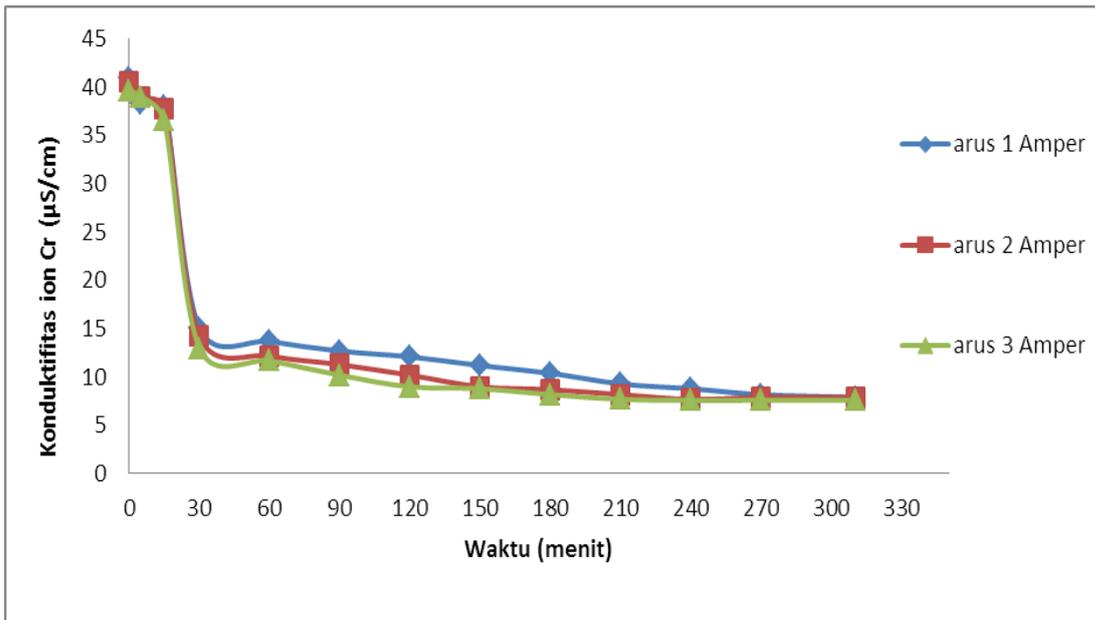
Semua ion asam yang mengandung oksigen seperti NO<sub>3</sub><sup>-</sup> dan SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> tidak mengalami reaksi oksidasi[6]

Pada larutan limbah yang mengandung unsur Cr terlihat bahwa pada waktu 15 sampai 30 menit dalam setiap arus yang digunakan terjadi penurunan nilai konduktifitas yang signifikan. Hal ini disebabkan karena pada waktu tersebut belum terjadi terlapisnya permukaan elektroda di katoda sehingga daya tarik elektron di katoda sangat kuat. Pada waktu 1 sampai 15 menit dibutuhkan untuk arus merubah larutan dalam bentuk senyawa menjadi ionik yang melepaskan ikatan dalam senyawanya. Deposit pada elektroda dapat dilihat pada Gambar 2.

Pada arus 3 Ampere penurunan konduktifitas sangat baik dibandingkan dengan arus 1 dan 2 Ampere. Pada arus 2 dan 3 Ampere dengan waktu 60 menit hingga 300 menit terjadi peningkatan suhu mencapai 40°C dan warna limbah berubah dari tidak berwarna menjadi jingga. Hal ini terjadi karena pada arus 2 dan 3 Ampere dengan waktu 60 sampai 300 menit tersebut terjadi reaksi reduksi oleh hidrogen menjadi H<sub>2</sub> dalam bentuk gas. Unsur hidrogen pada senyawa asam nitrat berkurang sehingga yang terjadi senyawa nitrat yang terkandung. Panas yang terjadi dikarenakan adanya besarnya arus yang mengalir dalam proses tersebut. Pengaruh arus dalam penurunan nilai konduktifitas pada limbah simulasi dari krom dapat dilihat pada Gambar 3

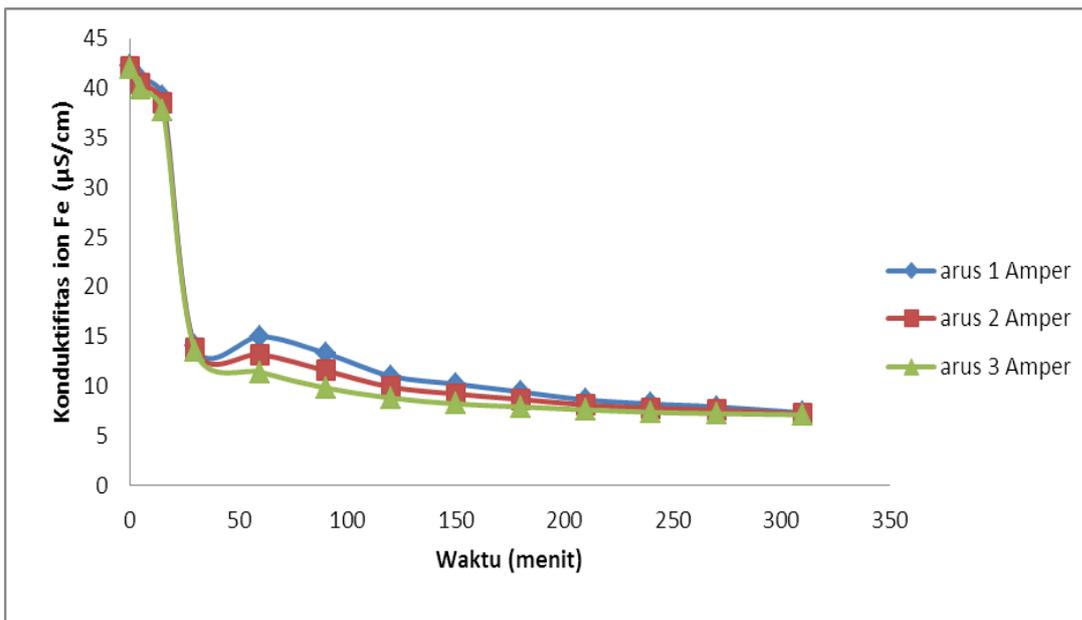


**Gambar 2.** Deposit yang terjadi pada elektroda di katoda pada proses elektrodiposisi



**Gambar 3.** Hubungan arus terhadap penurunan nilai konduktifitas dari limbah simulasi yang terkandung unsur Cr

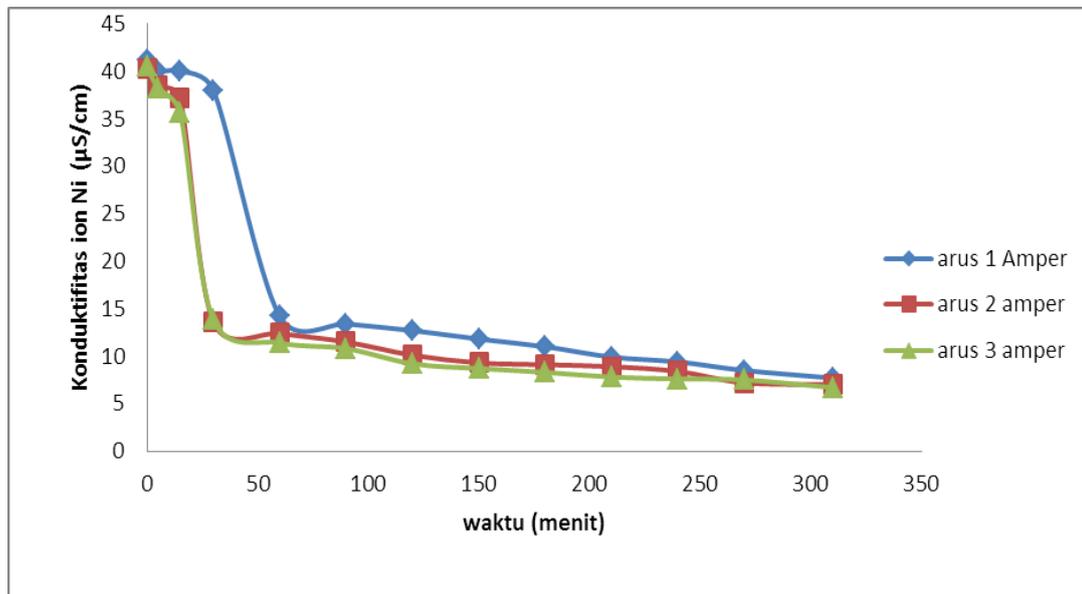
Pada larutan limbah yang mengandung unsur Fe terlihat bahwa arus yang mempengaruhi sama dengan unsur dari unsur Cr, kedua unsur tersebut mempunyai pola yang sama terhadap penurunan nilai konduktifitas. Pengaruh arus terhadap penurunan nilai konduktifitas pada limbah besi dapat dilihat pada Gambar 4



**Gambar 4.** Hubungan arus terhadap penurunan nilai konduktifitas dari limbah simulasi yang terkandung unsur Fe

Pada larutan limbah yang mengandung unsur Ni terlihat bahwa pada waktu 15 sampai 30 menit dengan arus 1 Ampere belum dapat menurunkan nilai konduktifitas secara signifikan sama seperti arus 2 dan 3 Ampere. Hal ini disebabkan karena arus 1 Ampere belum cukup untuk merubah larutan dalam bentuk senyawa

menjadi ionik. Unsur Ni mempunyai nilai keelektronegatifan yang besar dibandingkan dengan unsur Cr dan Fe dan juga dalam deret volta mempunyai nilai yang tinggi dibandingkan dengan unsur Cr dan Fe yaitu 0,25 V. Pada waktu 30 menit sampai 270 menit dalam limbah yang mengandung unsur Cr, Fe dan Ni terjadi perbedaan penurunan nilai konduktifitas yang sedikit dikarenakan sudah banyaknya deposit yang menutupi permukaan elektroda pada katoda. Pengaruh arus dalam penurunan nilai konduktifitas pada limbah simulasi Ni dapat dilihat pada Gambar 5



Gambar 5. Hubungan arus terhadap penurunan nilai konduktifitas dari limbah simulasi yang terkandung unsur Ni

## KESIMPULAN

Pengolahan limbah cair simulasi yang mengandung asam dengan pH yang rendah yang terkandung logam berat Cr, Fe dan Ni hasil pelarutan stainless steel dapat dilakukan dengan metode elektrodisposisi. Pengaruh kuat arus pada proses elektrodisposisi dapat menurunkan nilai konduktifitas. Pada kuat arus 1 Ampere dapat menurunkan rerata konduktifitas dari limbah simulasi Cr, Fe dan Ni dalam waktu selama 300 menit sebesar 81,5 %. Kuat arus 2 Ampere dapat menurunkan konduktifitas dari limbah simulasi Cr, Fe dan Ni sebesar 81,9 %. Kuat arus 3 Ampere dapat menurunkan konduktifitas dari limbah simulasi Cr, Fe dan Ni sebesar 82,4 %. Semakin besar kuat arus yang di gunakan maka semakin besar penurunan konduktifitas dari limbah simulasi Cr, Fe dan Ni. Pada penggunaan kuat arus 2 dan 3 Ampere terjadi peningkatan suhu dan perubahan warna, sehingga penggunaan efektif kuat arus yang dibutuhkan adalah dengan kuat arus 1 Ampere. Penelitian ini dapat digunakan sebagai data dukung untuk melakukan penelitian terapan pada proses elektrodisposisi.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

1. ANONIM, Lawrence E. Boing, Decontamination Technologie, Workshop Decomisioning Program, Argonne National Laboratory, USA
2. S.M.B Respati, Bahan Biomaterial Stainless steel dan Keramik, Jurnal Momentum, Vol 6 No 1, April 2010
3. Sumarji, Studi Perbandingan Ketahanan Korosi Stainless steel Tipe SS 304 dan SS 201 Menggunakan Metode U- BEND TEST Secara Siklik Dengan Variasi Suhu dan PH, Jurnal Rotor volume 4 nomer 1, Januari 2011
4. Ikmal Hafizi, W. Widjiyono, Marsetyawan, Penentuan Konsentrasi Stainless steel 316 L dan Cobal Cromium Remanium GM-800 pada Uji GMPT, Majalah Kedokteran Gigi Indonesia, Vol 2 Nomer 3 Desember 2016 ISSN 2460 0164
5. ANONIM, Sergey Mikheykin, Overview Of Decontamination Methods and Equipment, Workshop on development of specific decontamination techniques for RBMK dismantlement and/or highly active material from contaminated areas from accident conditions, Visaginas, Lithuania, 2015
6. Dwi Luhur Ibnu Saputra, Sugeng Purnomo, Pengolahan limbah perak dari proses elektrolisis dengan metode elektrodeposit dan pemurniannya Menjadi Logam Perak, Prosiding Seminar Teknologi Pengolahan Limbah XII Tahun 2014