

Pengaruh Jenis Bahan Elektroda Terhadap Efisiensi Elektrodeposisi Perak dari Limbah *Fotorontgen*

The Effect of Types Materials Electrode on the Efficiency of Silver Electrodeposition from Waste *Photorontgen*

Susruhiyatun Hayati¹, Yeti Kurniasih², Ahmadi³

Jurusan Pendidikan Kimia, Universitas Pendidikan Mandalika, Jl. Pemuda No.59 A Mataram, Kota Mataram, Indonesia

*The corresponding author: Susruhi28@gmail.com

Abstrak. Limbah cair bekas pencucian film *fotorontgen* mengandung konsentrasi perak berkisar antara 2500 - 6200 mg/L. Limbah ini sangat berbahaya jika langsung dibuang ke lingkungan karena logam perak termasuk logam beracun. Oleh karena itu diperlukan metode untuk mengambil perak sehingga logam tersebut tidak mencemari lingkungan serta dapat dimanfaatkan kembali. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah metode elektrodeposisi. Elektrodeposisi merupakan proses pengendapan logam pada elektroda menggunakan prinsip elektrolisis. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh jenis bahan elektroda terhadap efisiensi elektrodeposisi perak dari limbah *foto rontgen*. Untuk mendapatkan bahan elektroda yang efisien pada metode elektrodeposisi dilakukan dengan memvariasikan pasangan elektroda yang digunakan yaitu C-Zn, C-stainless, C-C, C-Cu. Massa perak tereduksi ditentukan melalui penimbangan massa katoda dan pengukuran konsentrasi Ag sebelum dan sesudah elektrodeposisi menggunakan AAS dengan panjang gelombang 338,3 nm. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh bahan elektroda berpengaruh terhadap efisiensi elektrodeposisi. Pasangan bahan elektroda efisien yang didapatkan dalam penelitian ini yaitu C-Cu, dimana massa tereduksi Ag berdasarkan penimbangan massa katoda sebesar 36,43 % dan berdasarkan pengukuran konsentrasi Ag dengan AAS sebesar 18,68 %. Aplikasi dari pasangan bahan electrode tersebut pada limbah *foto rontgen* diperoleh persen massa tereduksi Ag sebesar 25,94 % berdasarkan penimbangan massa katoda dan 26,56% ditinjau dari pengukuran konsentrasi Ag menggunakan AAS.

Kata Kunci: Perak, Bahan elektroda, Metode elektrodeposisi, Limbah foto rontgen

Abstract. The liquid waste from *photorontgen* film washing contains silver concentrations ranging from 2500 - 6200 mg / L. This waste is very dangerous if thrown directly into the environment because silver metal is a poisonous metal. Therefore we need a method to extract silver so that the metal does not pollute the environment and can be reused. One method that can be used is the electrodeposition method. Electrodeposition is a process of metal deposition on the electrodes using the principle of electrolysis. This study aims to determine the effect of the type of electrode material on the electrodeposition efficiency of silver from *photorontgen* waste. To obtain an efficient electrode material, the electrodeposition method is carried out by varying the electrode pairs used, namely C-Zn, C-stainless, C-C, C-Cu. The mass of reduced silver was determined by weighing the cathode mass and measuring the Ag concentration before and after electrodeposition using AAS with a wavelength of 338.3 nm. Based on the research results, it was found that the electrode material had an effect on the efficiency of the electrodeposition. The pair of efficient electrode material obtained in this study is C-Cu, where the reduced mass of Ag based on the cathode mass weighing is 36.43% and based on the measurement of Ag concentration with AAS of 18.68%. The application of the electrode pair on the X-ray waste obtained mass percent reduction of Ag by 25.94% based on cathode mass weighing and 26.56% in terms of Ag concentration measurements using AAS.

Keywords: Silver, electrode material, electrodeposition method, waste photo rontgen

1. Pendahuluan

Limbah cair bekas pencucian klise pada proses *fotorontgen* mengandung perak dengan konsentrasi antara 2500-6200 mg/L. Limbah ini akan menjadi sangat berbahaya jika langsung dibuang ke lingkungan karena logam perak selain termasuk logam berat, juga merupakan logam beracun yang dapat mengganggu kesehatan manusia. Bila masuk ke dalam tubuh dapat menyebabkan terganggunya fungsi organ vital manusia seperti hati, limpa, paru-paru serta jaringan otot ^[1]. Batas maksimum perak yang diperbolehkan dalam air limbah sangat kecil. Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup RI No. 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah, kandungan perak (Ag) yang diperbolehkan sebesar 0,5 mg/L. Mengingat bahaya yang dapat ditimbulkan maka perlu dilakukan berbagai cara untuk menangani limbah dari logam perak sehingga memenuhi syarat untuk dibuang ke lingkungan. Pengolahan limbah yang mengandung perak sebaiknya menggunakan metode yang dapat menghilangkan logam perak sekaligus dapat mengubahnya menjadi logam perak murni yang dapat digunakan untuk berbagai keperluan. Metode yang bisa dilakukan untuk memisahkan perak dari limbah tersebut yaitu antara lain menggunakan metode pengendapan, adsorpsi, fotoreduksi, membran cair emulsi (ELM) dan elektrolisis ^[2]. Metode pengendapan akan mengubah kompleks Ag menjadi bentuk endapan dengan penambahan agen pengendap seperti sodium sulfida, namun metode ini memerlukan pereaksi kimia yang mahal dan dapat menyebabkan pencemaran lanjutan. Metode adsorpsi sederhana dan murah, tetapi adsorben yang telah jenuh dengan ion logam dapat menjadi limbah padat yang juga berbahaya. Metode yang juga praktis adalah fotoreduksi yaitu reaksi reduksi yang terjadi melalui pengikatan elektron yang berasal dari fotolisis air hasil penyinaran dengan sinar uv. Fotoreduksi terhadap ion Ag(I) dalam limbah buatan dilakukan dengan menggunakan katalis TiO₂. Namun fotoreduksi untuk tujuan *recovery* logam Ag dalam limbah *foto rontgen* sulit dilakukan karena Ag menempel pada serbuk TiO₂ sehingga perlu dilakukan pemurnian lebih lanjut ^[3]. Metode selanjutnya yang pernah digunakan adalah membran cair emulsi (ELM). Membran cair emulsi merupakan pemisahan dan pemurnian dari suatu larutan yang dilewatkan pada membran. Kekurangan metode ini adalah kualitas kerja membran pada awal proses sangat baik tetapi setelah itu kualitas kerjanya menurun karena terjadi penumpukan material atau pengotor pada membrane ^[4].

Metode lain yang dapat digunakan untuk pengolahan limbah cair yang mengandung logam perak adalah metode elektrolisis. Metode ini bersifat praktis karena tidak menimbulkan efek samping limbah sekunder, pengoperasiannya mudah, berbiaya relatif murah, perak yang terambil relatif murni, dapat dipisahkan dan dimanfaatkan kembali. Elektrolisis adalah peristiwa penguraian elektrolit oleh arus listrik searah dengan menggunakan dua macam elektroda. Elektroda tersebut adalah katoda (elektroda yang dihubungkan dengan kutub negatif) dan anoda (elektroda yang dihubungkan dengan kutub positif). Pada anoda terjadi reaksi oksidasi, yaitu anion (ion negatif) ditarik oleh anoda dan jumlah elektronnya berkurang sehingga bilangan oksidasinya bertambah. Pada katoda terjadi reaksi reduksi, yaitu kation (ion positif) ditarik oleh katoda dan menerima tambahan elektron, sehingga bilangan oksidasinya berkurang. Elektroda yang digunakan dalam sel elektrolisis terdiri dari dua jenis yaitu elektroda inert dan elektroda aktif. Elektroda inert adalah elektroda yang tidak ikut bereaksi baik sebagai katoda maupun anoda, sehingga dalam sel elektrolisis yang mengalami reaksi redoks adalah elektrolit sebagai zat terlarut atau air sebagai pelarut. Contoh elektroda inert adalah karbon (C) dan platina (Pt). Elektroda aktif adalah elektroda yang ikut bereaksi apabila digunakan sebagai anoda. Reaksi yang terjadi pada elektrode aktif adalah reaksi oksidasi dari bahan elektrode tersebut. Contoh dari elektrode aktif adalah : Fe, Al, Cu, Zn, Ag, dan Au ^[5]. Salah satu penggunaan sel elektrolisis yaitu elektrodeposisi. Elektrodeposisi merupakan teknik elektrolisis dengan cara pengendapan logam di permukaan elektrode. Komponen yang terpenting dari proses ini adalah elektrode dan larutan elektrolit. Elektroda berperan sebagai tempat berlangsungnya reaksi. Reaksi reduksi berlangsung di katoda, sedangkan reaksi oksidasi berlangsung di anoda. Kutub negatif sumber arus mengarah pada katoda (sebab memerlukan elektron) dan kutub positif sumber arus tentunya mengarah pada anoda.

Akibatnya, katoda bermuatan negatif dan menarik kation-kation yang akan tereduksi menjadi endapan logam. Sebaliknya, anoda bermuatan positif dan menarik anion-anion yang akan teroksidasi menjadi gas.

Efisiensi elektrodeposisi dipengaruhi oleh pemilihan bahan elektroda, elektrolit, rapat arus, waktu, beda potensial dan penambahan agen pengompleks. Pada penelitian ini akan dipelajari pengaruh bahan elektrode terhadap efisiensi elektrodeposisi perak. Bahan elektroda mampu mempengaruhi jumlah beda potensial yang dihasilkan. Setiap bahan elektroda memiliki tingkat potensial elektroda (E) yang berbeda-beda. Oleh karena itu, maka perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui jenis pasangan elektrode yang efisien untuk elektrodeposisi perak.

2. Bahan dan Metode

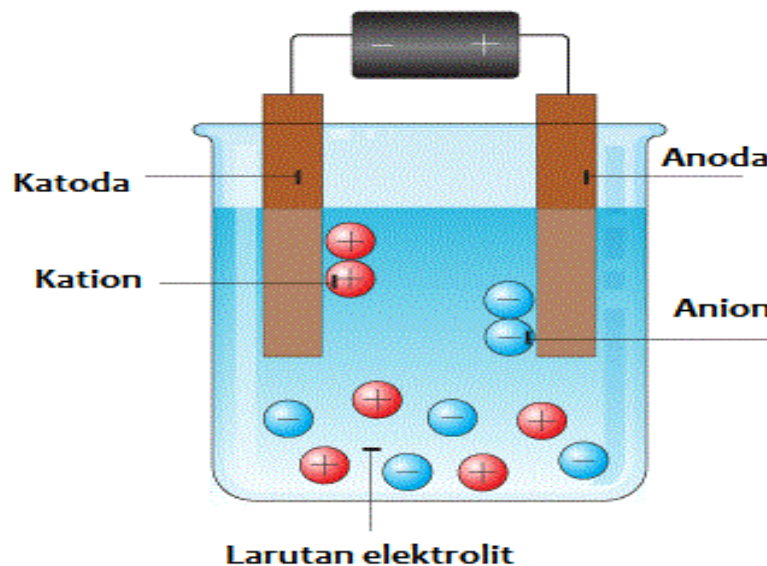
2.1 Bahan Penelitian

Larutan limbah *foto rontgen* sebagai sampel, larutan AgNO_3 8,5 gram $M=169,87$ g/mol sebagai larutan standar perak, HNO_3 , dan aquades.

2.2 Metode Penelitian

Bahan elektroda yang digunakan ukurannya sama baik sebagai anoda dan katoda. C sebagai anoda dengan ukuran panjang 7 cm, lebar 4 cm dan tinggi 1 cm. Kemudian Cu, Zn, C dan stainless sebagai katoda dengan ukuran (7x4) cm.

Anoda dihubungkan pada kutub positif dari sumber listrik dan katoda dihubungkan pada kutub negatif pada sumber listrik kemudian anoda dan katoda direndam dalam larutan elektrolit seperti pada gambar dibawah ini :



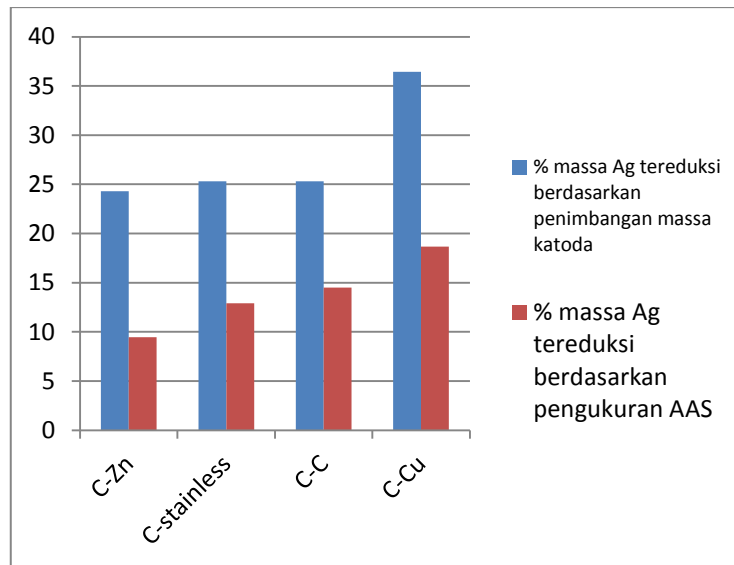
Gambar 1. Rangkaian elektrolisis

Sebagai katoda digunakan masing-masing Zn, Cu, C, dan stainless dan sebagai anoda digunakan C. Logam perak yang sudah terdeposisi pada katoda ditimbang menggunakan neraca analitik. Pengukuran penurunan konsentrasi Ag pada larutan elektrolit dilakukan dengan mengukur absorbansi Ag pada larutan sebelum dan sesudah proses elektrodeposisi dengan Spektrofotometer Serapan Atom (AAS) pada panjang gelombang 338.3 nm. Perhitungan konsentrasi Ag dilakukan dengan metode kurva kalibrasi.

Proses aplikasi elektrodeposisi terhadap larutan limbah *foto rontgen* dilakukan dengan menggunakan pasangan elektrode yang paling efisien.

3. Hasil penelitian dan pembahasan

Hasil Presentase Massa Ag Tereduksi Pada Penimbangan Katoda dan Pengukuran AAS seperti pada gambar 1 di bawah ini :



Gambar 2. Hasil Pengukuran Persentase Massa Ag Tereduksi

Berdasarkan gambar grafik di atas, dapat diperoleh bahan elektroda yang paling efisien adalah pada penggunaan pasangan elektroda C-Cu. Dengan anoda yang sama yaitu C, dari 4 katoda yang digunakan tersebut yang mempunyai potensial elektroda paling positif adalah Cu. Semakin ke kanan posisi suatu unsur dalam deret volta maka logam tersebut semakin mudah tereduksi (nilai potensial reduksi atau E° bernilai positif) dan sebaliknya semakin ke kiri posisi suatu unsur dalam deret volta maka logam tersebut semakin mudah teroksidasi (nilai E° negatif). Urutan suatu unsur dalam deret volta yaitu : Li, K, Ba, Ca, Na, Mg, Al, Mn, Zn, Cr, Fe, Cd, Co, Ni, Sn, Pb, (H), C, Cu dan Ag. Semakin ke kiri letak suatu unsur dalam deret volta sifat reduktornya semakin kuat dan sebaliknya semakin ke kanan letak suatu unsur dalam deret volta maka sifat oksidatornya semakin kuat dan reaksi reduksi akan semakin cepat berlangsung. Pada pasangan elektrode C-Zn didapatkan presentase perak tereduksi yang sedikit, ditinjau dari penimbangan massa katoda didapatkan presentasi perak tereduksi sebesar 24,29 % dan berdasarkan pengukuran AAS didapatkan sebesar 9,45 %, karena pada pasangan elektroda ini katoda yang digunakan berada paling kiri diantara katoda lainnya. Logam Zn juga memiliki potensial elektroda (E°) yang bernilai paling negatif dibandingkan dengan stainless, C dan Cu. Hal ini dapat menyebabkan reaksi yang terjadi berjalan lambat karena semakin ke kiri letak suatu unsur maka reaksi yang terjadi semakin lambat sehingga kation yang menempel pada katoda paling sedikit. Pada pasangan elektroda C-stainless didapatkan hasil presentase perak tereduksi yang lebih banyak dibandingkan pada pasangan C-Zn yaitu ditinjau dari penimbangan massa katoda 25,32 % dan pada pengukuran AAS 12,91 %. Stainless merupakan campuran logam yang terbuat dari komposisi yaitu Fe = 57,09%, Co = 0,22%, dan Ni = 0,74%. Posisi besi, nikel, dan cobalt dalam deret volta lebih kanan daripada Zn sehingga nilai potensial stainless ini lebih positif daripada Zn. Selanjutnya pada pasangan C-C didapatkan presentase Ag tereduksi ditinjau dari penimbangan massa katoda sebesar 25,32 dan pada pengukuran AAS 14,51 %. Hasil yang didapatkan lebih banyak dibandingkan menggunakan pasangan bahan elektroda C-Zn dan C-stainless. Hal ini disebabkan oleh potensial reduksi dari C bernilai positif yaitu +0,207 V dan posisinya disebelah kanan H dalam deret volta sehingga memiliki sifat oksidator, dimana hal ini bisa menyebabkan reaksi redoks cepat terjadi sehingga hasil yang didapatkan lebih banyak dibandingkan dengan unsur yang memiliki sifat reduktor.

Hasil presentase reduksi Ag yang paling banyak didapatkan pada pasangan elektroda C-Cu yaitu ditinjau dari penimbangan massa katoda sebesar 36,43 % dan pengukuran AAS 18,68 %. Hal ini karena nilai potensial elektroda dari Cu paling positif dibandingkan katoda lainnya yang

digunakan dalam penelitian ini yaitu +0,34 V dan posisinya dalam deret volta berada di sebelah kanan C yang menyebabkan reaksi reduksi paling cepat terjadi pada pasangan bahan ini karena nilai potensial standarnya yang positif dan merupakan oksidator yang kuat. Hal inilah yang menyebabkan perak banyak tereduksi pada pasangan elektroda C-Cu. Hasil penelitian yang didapatkan sesuai dengan teori bahwa bahan elektroda mampu mempengaruhi efisiensi elektrodeposisi. Pasangan bahan yang paling efisien digunakan untuk elektrodeposisi perak yaitu diperoleh menggunakan pasangan C-Cu.

Untuk mengetahui signifikansi pengaruh pasangan bahan elektroda terhadap efisiensi elektrodeposisi perak dilakukan analisis statistik menggunakan statistik *one way annova* dengan taraf signifikansi 1%, nilai F hitung didapatkan 16,33 lebih besar dibandingkan F tabel yaitu 13,74, sehingga dapat disimpulkan bahwa bahan elektroda berpengaruh terhadap efisiensi elektrodeposisi perak.

Bahan elektrode yang efisien diaplikasikan untuk elektrodeposisi perak dari limbah *foto rontgen*. Hasil elektrodeposisi pada limbah *foto rontgen* menggunakan bahan elektrode C-Cu diperoleh persen Ag tereduksi sebesar 25,86 % ditinjau dari penimbangan massa katoda dan 26,56 % pada pengukuran AAS. Hasil yang diperoleh pada saat optimasi lebih besar ditinjau dari penimbangan massa katoda yaitu 36,43% . Hal ini dikarenakan pada saat optimasi perak yang digunakan dalam bentuk AgNO_3 yang mudah terionisasi sempurna menjadi $\text{Ag}^+ + \text{NO}_3^-$ sehingga Ion Ag^+ dapat dengan mudah ditarik oleh katoda. Sedangkan limbah *foto rontgen*, terdapat ion-ion tiosulfat yang bercampur dengan perak ionik. Larutan fixer dari limbah *foto rontgen* mengandung senyawa pengotor seperti Natrium tiosulfat serta Natrium Bromide ^[6]. Keberadaan ion-ion tiosulfat dapat menghalangi konsumsi muatan listrik oleh ion perak, sehingga tidak seluruh muatan listrik yang dialirkan termanfaatkan untuk mengendapkan perak. Ion-ion tiosulfat dapat membentuk kompleks dengan perak dalam bentuk kompleks $[\text{Ag}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]^{3-}$ [7] sehingga ion yang terdapat pada katoda susah untuk menangkap ion perak dalam bentuk kompleksnya, hal ini dapat menyebabkan perak yang tereduksi di katoda menjadi lebih sedikit. Keberadaan Natrium Bromide juga dapat mengganggu pergerakan ion-ion Ag^+ yang akan mengendap pada katoda. Walaupun Ag^+ lebih mudah direduksi daripada Na^+ akan tetapi keberadaan Na^+ dapat menyebabkan pergerakan ion Ag^+ lebih lambat menuju katoda. Keberadaan ion Br^- juga dapat mengganggu pergerakan ion Ag^+ hal ini dikarenakan Br^- merupakan golongan halogen dimana dalam satu golongan dari bawah ke atas merupakan oksidator yang kuat atau mudah mengalami reduksi. Posisi Br^- yaitu berada di tengah-tengah dalam golongan tersebut, sehingga besar kemungkinan arus listrik dan tegangan yang diberikan bukan saja untuk mereduksi Ag. Sedangkan hasil elektrodeposisi pada saat aplikasi menggunakan limbah *foto rontgen* ditinjau dari presentase massa tereduksi Ag berdasarkan pengukuran AAS yaitu 26,56 %, hasil yang didapatkan lebih banyak dibandingkan pada saat optimasi menggunakan larutan AgNO_3 yaitu 18,68 % . Hal ini dikarenakan kurang teliti pada saat membuat larutan AgNO_3 50 ppm untuk optimasi. Pada saat dilakukan pengukuran konsentrasi awal larutan AgNO_3 sebelum elektrodeposisi didapatkan hasil 31,88 ppm. Sedangkan pada saat aplikasi menggunakan limbah *foto rontgen* larutan yang digunakan sebagai larutan elektrolit untuk proses elektrodeposisi diencerkan sampai mendekati 50 ppm. Ketika diukur konsentrasi awalnya menjadi 46,25 ppm. Perbedaan konsentrasi awal larutan inilah yang menyebabkan pada saat dilakukan pengukuran menggunakan AAS lebih banyak didapatkan pada saat aplikasi dibandingkan dengan optimasi.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa :

1. Penggunaan bahan elektroda pada proses elektrodeposisi berpengaruh terhadap efisiensi pengendapan logam perak. Efisiensi elektrodeposisi logam perak paling tinggi diperoleh pada penggunaan pasangan elektroda C-Cu, dimana presentase massa tereduksi Ag berdasarkan penimbangan massa katoda sebesar 36,43% dan berdasarkan pengukuran konsentrasi Ag dengan AAS sebesar 18,68 %.

2. Aplikasi dari bahan yang efisien tersebut terhadap larutan limbah *foto rontgen* menunjukkan presentase massa tereduksi Ag sebesar 25,86% ditinjau dari penimbangan massa katoda dan 26,56 % ditinjau dari pengukuran konsentrasi Ag menggunakan AAS.

Daftar Pustaka

- [1] Djunaidi, M.C., dkk. 2007. "Recovery Perak dari Limbah Fotografi melalui Membran Cair Berpendukung dengan Senyawa Pembawa Asam di-2-Etil Heksilfosfat (D2EHPA)". *Jurnal Jurusan Kimia*. 11(2): 98-103.
- [2] Masebinu SO, & Muzenda E. 2014. Review of Silver Recovery Techniques from Radiographic Effluent and X-ray Film Waste. Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science.
- [3] Mahesti, Dwi. Nurrohmah. 2014. Kajian Recovery Logam Perak dari Limbah Fotografi Menggunakan Asam Organik dari Limbah Buah dan Sayur sebagai Reduktor dan pengaruh Penambahan Gas N₂. *Tesis*. Universitas Gajah Mada.
- [4] Modi, A., Shukla, K., Pandya, J., & Parmar, K. 2012. Extraction of Silver from Photographic Waste. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*.
- [5] Riyanto, 2013. *Elektrokimia dan Aplikasinya*. Yogyakarta : Graha Ilmu.
- [6] Kuswati, Hari., dkk. 2003. "Perolehan Kembali Logam Perak dari Limbah Cair Pencucian Film Studio Dibanding Film X-Ray dengan Menggunakan Metode SN Flake." *Jurnal Fakultas Farmasi*. 11(2): 46-55.
- [7] Tri Widayatno dkk.2016. Recovery Logam Perak Dari Limbah Cair Bekas Pencucian Foto Rontgen: Karakterisasi Elektrokimia. *Simposium Nasional RAPI XV*.