



PENGARUH PROSES IRADIASI GAMMA TERHADAP PENURUNAN KADAR KROMIUM DALAM LIMBAH CAIR ELEKTROPLATING

Ady Agung Prasetyo*, Manggala Yudha Kinasih, Miftah Qoily Qodiahtadavi

Program Studi Teknokimia Nuklir - Politeknik Teknologi Nuklir Indonesia

*E-mail: ady.agung@polteknuklir.ac.id

ABSTRAK

PENGARUH PROSES IRADIASI GAMMA TERHADAP PENURUNAN KADAR KROMIUM DALAM LIMBAH CAIR ELEKTROPLATING. Electroplating atau elektrodiposisi pelapis adalah proses pelapisan suatu bahan padat dengan lapisan logam menggunakan arus listrik melalui larutan elektrolit dengan tujuan untuk menghasikan produk hasil pelapisan yang bagus, mengkilap, cemerlang, dan terlindung terhadap korosi. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh proses iradiasi gamma terhadap penurunan kadar kromium dalam limbah cair elektroplating. Prinsip teknik iradiasi gamma yang digunakan adalah interaksi radiasi dengan molekul air akan menghasilkan spesies aktif, yaitu elektron terhidrat (e_{aq}^-) dan radikal hidrogen ($\bullet H$) yang merupakan spesies pereduksi, serta radikal hidroksida ($\bullet OH$) dan hidrogen peroksida yang merupakan spesies pengoksidasi. Untuk menghindari radikal hidroksil ($\bullet OH$) yang dapat mengoksidasi ion atau atom menjadi keadaan oksidasi yang lebih tinggi maka perlu dilakukan penambahan etanol. Diketahui kadar kromium (Cr) dalam limbah cair elektroplating pada penambahan variasi etanol 1,5M; 3M; 4,5M; dan 6M berurut-turut adalah 235,802 ppm; 241,014 ppm; 241,519 ppm; 254,474 ppm. Oleh karena itu, proses iradiasi gamma dengan penambahan etanol variasi 1,5M lebih efektif untuk menurunkan kadar kromium (Cr) pada limbah cair elektroplating.

Kata kunci: Elektroplating, Kromium, Iradiasi Gamma, Etanol, XRF Benchtop.

ABSTRACT

EFFECT OF GAMMA IRRADIATION PROCESS ON THE REDUCTION OF CHROMIUM CONTENT IN ELECTROPLATING WASTEWATER. Electroplating or electrodeposition of coatings is the process of coating a solid material with a layer of metal using an electric current through an electrolyte solution with the aim of producing a good, shiny, brilliant coating product, and protected against corrosion. This study was conducted to determine the effect of gamma irradiation process on the reduction of chromium levels in electroplating wastewater. The principle of the gamma irradiation technique used is that the interaction of radiation with water molecules will produce active species, namely hydrated electrons (e_{aq}^-) and hydrogen radicals ($\bullet H$) which are reducing species, as well as hydroxide radicals ($\bullet OH$) and hydrogen peroxide which are oxidizing species. To avoid hydroxyl radicals ($\bullet OH$) that can oxidize ions or atoms into a higher oxidation state, it is necessary to add ethanol. It is known that chromium (Cr) levels in electroplating liquid waste in the addition of ethanol variations of 1.5M; 3M; 4.5M; and 6M are 235.802 ppm; 241.014 ppm; 241.519 ppm; 254.474 ppm, respectively. Therefore, the gamma irradiation process with the addition of ethanol variation of 1.5M is more effective to reduce chromium (Cr) levels in electroplating liquid waste.



Electroplating or electrodeposition of coatings is one of the processes of coating solid materials with a layer of metal using an electric current through an electrolyte solution with the aim of producing a good, shiny, brilliant coating product, and protected against corrosion. This study was conducted to determine the effect of gamma irradiation process on the reduction of chromium levels in electroplating liquid waste. The principle of gamma irradiation technique is the interaction of radiation with water molecules that will produce active species, namely electron hydrate (eaq-) and hydrogen radicals (-H) as reducing species, as well as hydroxide radicals (-OH) and hydrogen peroxide as oxidizing species. To avoid hydroxyl radicals (-OH) that can oxidize ions or atoms into a higher oxidation state, it is necessary to add ethanol. It is known that chromium (Cr) levels in electroplating liquid waste in the addition of ethanol variations of 1.5 M; 3 M; 4.5 M; and 6M are 235.802 ppm; 241.014 ppm; 241.519 ppm; 254.474 ppm, respectively. Therefore, the gamma irradiation process with the addition of ethanol variation of 1.5M is more effective to reduce chromium (Cr) levels in electroplating liquid waste.

Keywords: *electroplating, chromium, irradiation gamma, ethanol, XRF Benchtop.*

PENDAHULUAN

Bidang pariwisata dan kebudayaan menjadi salah satu prioritas peningkatan pendapatan asli daerah atau PAD Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, pengembangan potensi daerah menjadi salah satu syarat di era otonomi saat ini. Meningkatnya permintaan terhadap produk dengan proses elektroplating mendorong berkembangnya industri elektroplating yang berada di Yogyakarta. Dalam beberapa tahun terakhir, kesadaran masyarakat terhadap dampak ion logam berat yang terlarut dalam air atau limbah cair semakin meningkat. Logam berat seperti kromium, kadmium, timbal, dan nikel yang terkandung dalam limbah cair elektroplating dapat mencemari lingkungan dan berdampak negatif terhadap kesehatan manusia. Menurut Peraturan Daerah Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 7 Tahun 2016, nilai baku mutu kadar kromium pada limbah cair elektroplating sebesar 0,5 ppm [1].

Elektroplating atau elektrodiposisi pelapis adalah proses pelapisan suatu bahan padat dengan lapisan logam menggunakan arus listrik melalui larutan elektrolit dengan tujuan untuk menghasikan produk hasil pelapisan yang bagus, mengkilap, cemerlang, dan terlindung terhadap korosi [2]. Larutan yang digunakan untuk pelapisan logam kromium akan diganti atau ditambahkan bila pH dan viskositas yang telah ditentukan tidak tercapai, karena akan menurunkan kualitas daya rekatnya. Jumlah limbah yang dihasilkan pada proses elektroplating tidak banyak, namun tingkat toksisitasnya sangat berbahaya, antara lain kromium, nikel, dan seng [3]. Secara umum potensi limbah cair elektroplating yang mungkin dapat terjadi dapat dilihat pada Tabel 1 [4].

Tabel 1 Potensi Limbah Cair Elektroplating

Parameter	Jumlah Maksimum
pH	7 - 10
TSS	25 (mg/L)
Minyak dan Lemak	10 (mg/L)



Arsen	0,1 (mg/L)
Kadmium	0,1 (mg/L)
Krom heksavalen	0,1 (mg/L)
Krom total	0,5 (mg/L)
Tembaga	0,5 (mg/L)
Timbal	0,2 (mg/L)
Merkuri	0,01 (mg/L)
Nikel	0,5 (mg/L)
Perak	0,5 (mg/L)
Seng	2 (mg/L)
Logam total	10 (mg/L)
Sianida bebas	0,2 (mg/L)
Fluorida	20 (mg/L)
Trikloroetana	0,05 (mg/L)
Trikloroetilena	0,05 (mg/L)
Fosfor	5 (mg/L)

Karakteristik dan tingkat toksisitas dari limbah cair elektroplating berbeda – beda tergantung pada kondisi pengoperasian, proses pelapisan, dan metode pencucian yang digunakan. Limbah yang dihasilkan dapat membahayakan kesehatan manusia, baik bagi mereka yang terlibat langsung dalam operasional industri maupun bagi mereka yang berada di sekitar perusahaan. Hampir semua industri pelapisan kromium (Cr) saat ini belum memiliki sistem pengolahan limbah yang tepat. Oleh karena itu, penelitian ini diharapkan mampu memberikan solusi untuk pengolahan limbah cair elektroplating.

Pada penelitian ini limbah cair elektroplating diperoleh dari Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah Omah Krom di wilayah Kecamatan Godean, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. Metode analisis untuk menentukan kadar kualitatif dan kuantitatif unsur – unsur yang ada dalam limbah limbah cair elektroplating dapat dilakukan dengan menggunakan instrumen X-Ray Fluorescence (XRF) Benchtop. Analisis menggunakan X-Ray Fluorescence (XRF) adalah salah satu metode analisis yang paling sederhana, paling akurat, dan paling ekonomis untuk menentukan komposisi unsur berbagai jenis bahan.

Prinsip teknik iradiasi gamma adalah adanya interaksi radiasi dengan molekul air yang disebut radiolisis [5]. Pengaruh radiasi pada suatu senyawa tertentu bergantung pada komposisi bahan dan jumlah energi yang ditransfer oleh radiasi. Selama proses interaksi radiasi dengan molekul air, dihasilkan spesies aktif yaitu elektron terhidrat (e_{aq}^-) dan radikal hidrogen ($\bullet H$) sebagai zat pereduksi, serta radikal hidroksida ($\bullet OH$) dan hidrogen peroksida sebagai zat pengoksidasi [6].



Elektron terhidrat (e_{aq}^-) dan atom hidrogen ($\bullet H$) untuk mereduksi logam yang ada di dalam larutan sehingga dapat mengendap. Sedangkan radikal hidroksil ($\bullet OH$) mempunyai kemampuan mengoksidasi ion atau atom ke tingkat keadaan oksidasi yang lebih tinggi. Untuk menghindari terjadinya peristiwa oksidasi tersebut, maka selama proses reduksi ion



logam *scavenger* radikal $\bullet\text{OH}$ harus ditambahkan sebelum proses iradiasi. *Scavenger* yang dapat digunakan antara lain t-butanol, asam format, natrium format, dan etanol [7][8]. Metode reduksi radiolisis memiliki beberapa kelebihan, antara lain yaitu sederhana dan bersih; reduksi ion logam yang terkontrol dapat dilakukan tanpa menggunakan zat pereduksi atau menghasilkan produk oksidasi yang tidak diinginkan; menghasilkan nanopartikel logam dalam keadaan tereduksi sepenuhnya, sangat murni dan sangat stabil [9]. Selain itu, radiolisis juga tidak berbahaya dan ramah lingkungan untuk menghasilkan partikel logam monodisperse dalam produksi skala besar dengan distribusi yang seragam.

Dalam penelitian ini disajikan hasil analisis kuantitatif kadar kromium dari limbah cair elektroplating sebelum dan sesudah dilakukannya proses iradiasi gamma dengan dosis 15 kGy dengan variasi penambahan etanol yang berbeda.

METODOLOGI

Alat utama yang digunakan dalam penelitian ini antara lain Iradiator gamma; Instrumen XRF Benchtop; Pengukur pH Digital; Peralatan gelas; *Magnetic stirrer*, dan Sendok pengaduk. Bahan baku yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah cair elektroplating yang diperoleh dari Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah Omah Krom di wilayah Kecamatan Godean, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta dan etanol ($\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$) dengan komposisi perbandingan limbah cair elektroplating dan etanol seperti terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Komposisi Etanol + Limbah Cair Elektroplating

No	Nama Sampel	Variasi	Etanol (mL)	Total Etanol + Limbah Cair Elektroplating (mL)
1	A	1,5 M	22,3	250
2	B	3 M	44,6	250
3	C	4,5 M	67	250
4	D	6 M	89,3	250

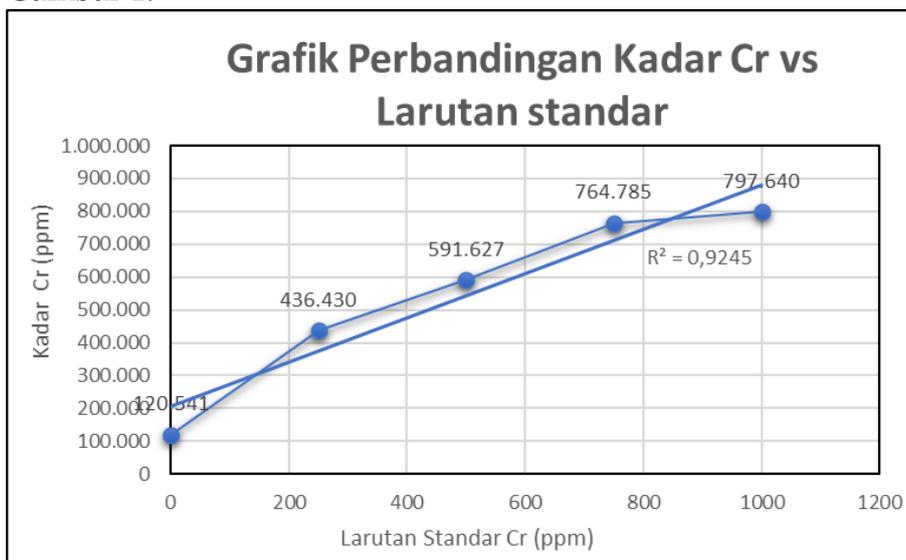
Keempat sampel dibuat dengan komposisi tertentu seperti yang tertulis pada Tabel 2, kemudian sampel dicampurkan dan diaduk hingga homogen serta dilakukan pengukuran pH dalam limbah cair elektroplating. Selanjutnya dilakukan pembuatan larutan standart kromium dengan variasi larutan 0ppm, 250ppm, 500ppm, 750ppm, dan 1000ppm sebagai standart pada instrumen XRF Benchtop. Selanjutnya konsentrasi kromium pada cairan limbah elektroplating diukur sebelum dan sesudah iradiasi menggunakan instrumen benchtop XRF pada masing – masing sampel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh iradiasi gamma terhadap penurunan kadar kromium pada limbah cair elektroplating. Penyepuhan krom merupakan salah satu jenis proses elektroplating yang menggunakan bahan dasar asam kromat (H_2CrO_4) untuk dapat melapisi logam atau tembaga dengan krom. Pelapisan krom ini sering dilakukan saat proses elektroplating pada bagian benda yang sulit dilapisi (low current) oleh pelapisan nikel sebelumnya. Apabila benda dengan low current masih sulit

dilapisi, larutan asam kromat akan ditambahkan bahan penguat lainnya, seperti katalis KC-12, boric acid, dan barium karbonat. Perbandingan asam kromat yang digunakan saat proses elektrolisis ini adalah 100 gram per 200 mL. Faktor lain yang dapat memengaruhi penyepuhan krom ini adalah pH dan viskositas dari larutan asam kromat. Apabila pH terlalu rendah atau berada di bawah pH 4, maka lapisan krom pada benda menjadi mudah mengelupas. Pengecekan pH dilakukan secara berkala dengan menggunakan indikator pH universal. Sedangkan, viskositas larutan harus dijaga pada 20 N.s/m² sampai dengan 22N.s/m² untuk menambah daya rekat pada pelapisan krom. Proses elektroplating krom ini dilakukan pada suhu optimal 55 °C dan dilakukan selama 30 menit hingga 1 jam tergantung dari besar kecilnya ukuran benda yang akan dilapisi.

Pada penelitian ini, penambahan etanol sebelum proses iradiasi diperlukan untuk menghindari terjadinya peristiwa oksidasi. Pada proses radiolisis air, dihasilkan zat aktif yaitu elektron terhidrat (e_{aq}⁻) dan radikal hidrogen (•H) sebagai zat pereduksi, serta radikal hidroksida (•OH) dan hidrogen peroksida sebagai zat pengoksidasi. Elektron terhidrat (e_{aq}⁻) dan atom hidrogen (•H) untuk mereduksi logam yang ada di dalam larutan sehingga dapat mengendap. Sedangkan radikal hidroksil (•OH) mempunyai kemampuan mengoksidasi ion atau atom ke tingkat oksidasi yang lebih tinggi. Oleh karena itu, dalam penelitian ini etanol sebagai *scavenger*, artinya suatu zat atau molekul yang dapat bereaksi dengan radikal bebas dan mempunyai fungsi menetralkan radikal bebas. Pada penelitian ini dilakukan empat variasi penambahan etanol 1,5M; 3M; 4,5M; dan 6M seperti pada Tabel 2. Tahapan pembuatan variasi etanol 1,5M, yaitu dengan mencampurkan etanol 22,3 mL serta ditambahkan air limbah hingga batas tera labu ukur 250 mL. Tahapan tersebut juga dilakukan pada variasi etanol 3M; 4,5M; dan 6M, yaitu dengan mencampurkan etanol serta ditambahkan air limbah hingga batas tera 250 mL, seperti yang ditunjukkan Tabel 2. Selanjutnya dilakukan pembuatan standar kromium (Cr) pada XRF Benchtop menggunakan larutan standart yang telah dibuat sebelumnya. Dari hasil analisis menunjukkan bahwa nilai larutan standart dan kadar kromium (Cr) bersifat linear seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Kurva perbandingan kadar Cr dalam larutan standart dengan analisis XRF Benchtop

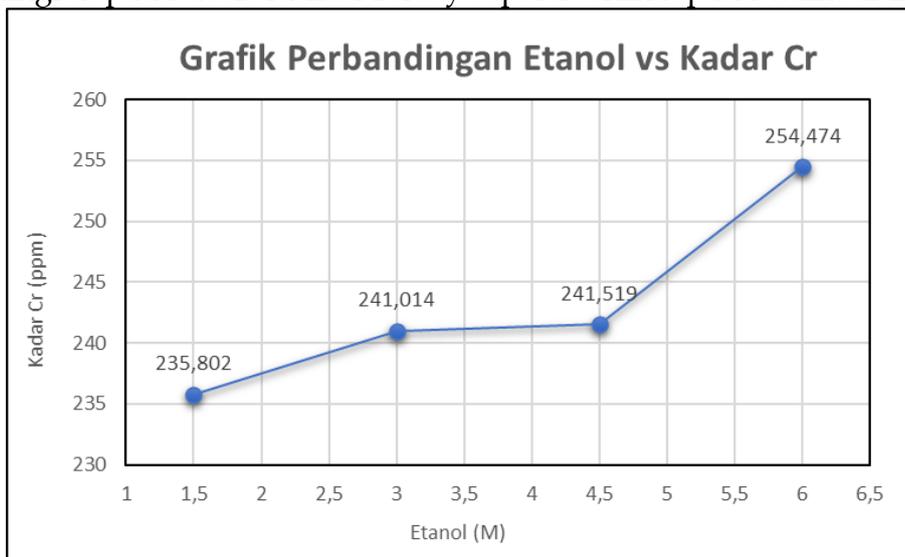


Dari penelitian yang dilakukan, diketahui hasil analisis kadar kromium dalam limbah cair elektroplating dengan penambahan variasi etanol 1,5M; 3M; 4,5M; dan 6M berurut-turut adalah 235,802 ppm; 241,014 ppm; 241,519 ppm; 254,474 ppm seperti terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil pengukuran kadar Cr dengan XRF Benchtop pada limbah cair elektroplating yang telah diiradiasi

Variasi Etanol	Sebelum iradiasi gamma	Setelah iradiasi gamma
1,5 M	331,853 ppm	236,802 ppm
3,0 M	331,853 ppm	241,014 ppm
4,5 M	331,853 ppm	241,519 ppm
6,0 M	331,853 ppm	254,474 ppm

Pengaruh penambahan etanol sebagai scavanger yang lebih banyak dibanding volume limbah cair elektroplating mampu menyebabkan kadar kromium (Cr) dalam limbah cair semakin meningkat pada dosis radiasi 15kGy seperti terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Kurva perbandingan variasi etanol dengan kadar Cr pada limbah cair elektroplating yang telah diiradiasi

KESIMPULAN

Kadar kromium (Cr) pada limbah cair elektroplating sebelum proses iradiasi gamma diketahui sebesar 331,853 ppm. Penurunan kadar kromium (Cr) dilakukan dengan iradiasi gamma yang memanfaatkan proses radiolisis. Dengan dosis iradiasi 15kGy dan pada pH 4,552, terjadi perubahan kadar kromium (Cr) pada penambahan variasi etanol 1,5M; 3M; 4,5M; dan 6M berurut – turut adalah 235,802 ppm; 241,014 ppm; 241,519 ppm; 254,474 ppm. Oleh karena itu, diketahui bahwa proses iradiasi gamma dengan penambahan etanol variasi 1,5M lebih efektif dalam menurunkan kadar kromium (Cr) pada limbah cair elektroplating.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih Kepada Program Studi Teknokimia Nuklir, Politeknik Teknologi Nuklir Indonesia, yang telah memberikan kesempatan untuk melaksanakan penelitian.



DAFTAR PUSTAKA

- Anton J. Hartomo dan Tomojiro Kaneko. (1992). *Mengenal Pelapisan Logam (Elektroplating)*. Yogyakarta: ANDI.
- Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. (2016). *Peraturan Daerah Nomor 7 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah*. Yogyakarta: Pemerintah Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta.
- Roekmijati. (2002). *Presipitasi Bertahap Logam Berat Limbah Cair Industri Pelapisan Logam Menggunakan Larutan Kaustik Soda*. *Jurnal Kimia Lingkungan*.
- World Bank. (1998). *Pollution Prevention and Abatement: Electroplating Industry*. Draft Technical Background Document. Environment Dep. Washington DC.
- Miyata, T. (1995). *Radiation Chemistry of Water System Application of radiations Processing for Decontamination of Liquid Wastes*. Tokyo: Takasaki Radiation Chemistry Research Establishment, UNDP/IAEA/RCA. Regional Training Course.
- Sugita P, E. K. (2000). *Pengaruh Iradiasi Gamma terhadap Degradasi Zat Warna Direct Orange 34 dalam Air*. *Jurnal Teknologi Lingkungan*.
- Herhady, R. D. (2007). *Pengolahan Limbah Kromium dari Industri Penyamakan Kulit Menggunakan Teknik Radiasi Berkas Elektron*. *Prosiding Seminar Teknologi Pengelolaan Limbah V*.
- Shrivastava, K. C. (2019). *Remediation of Chromium (VI) Ions as Chromium Oxide Xerogel Via Gamma-Radiolysis of Aqueous Waste Discharge*. *Separation and Purification Technology*.
- Saion, E. G. (2013). *Size-Controlled and Optical Properties of Monodispersed Silver Nanoparticles Synthesized by the Radiolytic Reduction Method*. *International Journal of Molecular Sciences*, 7880-7896.