

# Pengaruh Iradiasi Gamma Terhadap Larutan Kalium Dikromat

Catleyanisa Maharani Rahmadhan\*<sup>1</sup>  
Handika Nurrohman<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Politeknik Teknologi Nuklir Indonesia – Badan Riset Inovasi Nasional, Jl. Babarsari Kotak POB 6101/YKKB, Ngentak, Caturtunggal, Kec. Depok, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55281  
\*e-mail: [catleyanisa.maharani@politeknuklir.ac.id](mailto:catleyanisa.maharani@politeknuklir.ac.id)<sup>1</sup>, [handikanurr13@gmail.com](mailto:handikanurr13@gmail.com)<sup>1</sup>

## Abstrak

**Pengaruh Iradiasi Gamma Terhadap Larutan Kalium Dikromat.** Keberadaan logam berat di lingkungan menjadi perhatian utama karena mengandung racun yang berbahaya bagi lingkungan. Salah satu logam berat yang terkandung dalam air limbah adalah kromium (Cr) dalam bentuk Cr (VI) yang dihasilkan oleh industri pelapisan logam, manufaktur baterai, peleburan mineral logam, industri pewarna dan cat, electroplating, serta produksi gelas. Berbagai metode telah dilakukan untuk menyisihkan logam tersebut, baik melalui pengendapan, koagulasi, dan metode kimia lainnya. Namun, metode tersebut menimbulkan kontaminasi kembali terhadap lingkungan sehingga diperlukan metode yang efektif dan efisien dalam mereduksi ion Cr(VI) dalam limbah. Pada penelitian ini, logam Cr(VI) yang disimulasikan dalam larutan kalium dikromat direduksi menjadi logam Cr(III) agar dapat diendapkan dalam bentuk Cr(OH)<sub>3</sub> melalui metode iradiasi gamma. Sampel diiradiasi menggunakan irradiator gamma dengan variasi dosis radiasi 5 kGy hingga 50 kGy. Dari hasil analisis dengan XRF didapatkan bahwa semakin tinggi dosis iradiasi yang diberikan, semakin banyak ion Cr+6 yang berubah menjadi senyawa endapan Cr(OH)<sub>3</sub> sehingga konsentrasi ion Cr+6 dalam larutan akan semakin menurun.

**Kata kunci:** Cr(OH)<sub>3</sub>, iradiasi gamma, kromium heksavalen, limbah krom, reduksi

## Abstract

**Effect Of Gamma Irradiation On Potassium Dichromate Solution.** The presence of heavy metals in the environment is a major concern because they contain toxins that are dangerous for the environment. One of the heavy metals contained in wastewater is chromium (Cr) in the form of Cr (VI) which is produced by the metal plating industry, battery manufacturing, metal mineral smelting, dye and paint industry, electroplating, and glass production. Various methods have been used to remove these metals, either through precipitation, coagulation, and other chemical methods. However, this method causes re-contamination of the environment, so an effective and efficient method is needed to reduce Cr(VI) ions in waste. In this research, Cr(VI) metal which was simulated in a potassium dichromate solution was reduced to Cr(III) metal so that it could be precipitated in the form of Cr(OH)<sub>3</sub> by using gamma irradiation method. The samples were irradiated using a gamma irradiator with varying radiation doses from 5 kGy to 50 kGy. From the results of analysis using XRF, it was found that the higher the irradiation dose given, the more Cr+6 ions were converted into Cr(OH)<sub>3</sub> precipitate compounds so that the concentration of Cr+6 ions in the solution would decrease.

**Keywords:** Cr(OH)<sub>3</sub>, gamma irradiation, hexavalent chromium, chrome waste, reduction

## PENDAHULUAN

Pertumbuhan di bidang industri yang signifikan sangat membantu bagi kehidupan manusia. Namun di sisi lain industri seringkali menghasilkan limbah, dimana jika limbah tersebut tidak diolah dan diatasi dengan baik akan menimbulkan masalah bagi lingkungan. Salah satu limbah yang mengganggu lingkungan adalah logam berat. Logam berat tidak dapat didegradasi secara biologis, tetapi hanya dapat dialih-rupakan atau dipindahtempatkan. Keberadaan logam berat dalam air akan diserap dan diakumulasi dalam sel organisme yang hidup dalam lingkungan tersebut (Safarrida & Ngadiman, 2015). Jika logam berat terkonsentrasi dalam jumlah yang besar, maka akan dapat membahayakan kesehatan dan menimbulkan berbagai penyakit yang serius bagi manusia ataupun hewan (Amalia, 2015).

Kromium merupakan salah satu senyawa logam berat yang terkandung dalam limbah cair industri. Senyawa kromium umumnya dapat berbentuk padatan (kristal CrO<sub>3</sub>, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) larutan dan gas (uap dikromat). Kromium dalam larutan biasanya berbentuk trivalen (Cr<sup>3+</sup>) dan ion heksavalen (Cr<sup>6+</sup>). Dalam larutan yang bersifat basa dengan pH 8 sampai 10 terjadi pengendapan

Cr dalam bentuk  $\text{Cr}(\text{OH})_3$ . Sebenarnya kromium dalam bentuk ion trivalen tidak begitu berbahaya dibandingkan dengan bentuk heksavalen, akan tetapi apabila bertemu dengan oksidator dan kondisinya memungkinkan untuk  $\text{Cr}^{3+}$  tersebut akan berubah menjadi sama bahayanya dengan  $\text{Cr}^{6+}$ . Kromium heksavalen merupakan logam kromium yang bersifat karsinogenik dan korosif pada jaringan tubuh dibandingkan ion kromium lainnya seperti,  $\text{Cr}^{2+}$  dan  $\text{Cr}^{3+}$ . Sifat toksik kromium tersebut dapat menyebabkan keracunan akut dan keracunan kronis (Adhani, 2017). Limbah logam berat  $\text{Cr}(\text{VI})$  terlarut banyak dihasilkan dari proses industri elektroplating, metalurgi, dan pulping.

Berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor. 51/MENLH/10/1995 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri, batas maksimal krom total (Cr) yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan adalah 2,0 mg/l mengingat kromium (Cr) sebagai unsur logam berat dan dikategorikan sebagai limbah B3 dalam limbah cair, maka perlu dilakukan pengolahan terhadap limbah cair ini sampai konsentrasinya di bawah batas yang diijinkan untuk dibuang ke lingkungan. Dewasa ini, telah dikembangkan metode-metode kimia untuk menghilangkan logam berat (termasuk kromium) dari limbah. Tetapi, penanganan secara kimiawi tersebut mempunyai kerugian mendasar, yaitu terjadinya kontaminasi sekunder dari limbah dan endapan yang dipisahkan oleh reagen. Selain itu, kromium yang ada juga tak dapat dihilangkan secara sempurna. Untuk itu perlu dilakukan cara-cara baru untuk mengatasi kekurangan tersebut dengan mengaplikasikan kemajuan IPTEK yang berkembang saat ini (R. Didiak, 2008).

Dalam bidang nuklir, perkembangan dan kemajuan pesat yang terjadi telah berhasil diaplikasikan dalam industri baik untuk peningkatan kualitas hasil maupun untuk mengatasi permasalahan limbah yang timbul, seperti dekontaminasi limbah tekstil, reduksi logam berat, dan sebagainya. Radiasi nuklir dapat menyebabkan terjadinya radiolisis dari suatu larutan encer. Sebagai hasil dari radiolisis tersebut akan dihasilkan produk antara lain elektron terhidrat ( $e_{\text{aq}}^-$ ), atom hidrogen ( $\bullet\text{H}$ ), dan radikal hidroksi ( $\bullet\text{OH}$ ) (Ridwan, 1978). Elektron terhidrat dan atom hidrogen merupakan pereduksi, yang dalam larutan akan mereduksi ion kromium bermuatan Cr (VI) menjadi Cr (III) dan akan mengendap bila bereaksi dengan ion  $\text{OH}^-$ , dan dapat dipisahkan dengan filtrasi biasa, sedangkan radikal hidroksi merupakan pengoksidasi, namun keberadaannya dapat dihilangkan dengan menggunakan scavenger. Scavenger yang dapat digunakan antara lain t-butanol, asam format, natrium format, dan ethanol.

Proses reduksi radiolisis pada suatu senyawa dapat dilakukan melalui teknik iradiasi gamma menggunakan irradiator Gamma dengan sumber radioisotope Co-60. Pada reduksi radiolisis logam Cr, proses radiolisis juga akan menghasilkan spesies aktif seperti elektron terhidrat ( $e_{\text{aq}}^-$ ) dan atom hidrogen ( $\bullet\text{H}$ ). Radikal ini secara langsung akan mereduksi ion  $\text{Cr}^{6+}$  ke valensi lebih rendah  $\text{Cr}^{3+}$  yang akan mengendap bila bereaksi dengan ion hidroksida ( $\text{OH}^-$ ). Proses pengendapan Cr dengan metode reduksi radiolisis ini akan optimal pada rentang pH 7-9,5. Pada pH yang terlalu rendah, elektron terhidrat dengan cepat ditangkap oleh ion hidrogen dan diubah menjadi atom hidrogen. Sedangkan pada pH di atas 9,5 menyebabkan G-values untuk  $\text{OH}^-$  dan  $e_{\text{aq}}^-$  menurun. Selain itu juga ion  $\text{Cr}^{3+}$  akan tetap terlarut pada pH rendah, tapi akan mulai mengendap sebagai  $\text{Cr}(\text{OH})_3$  maksimum pada pH 7 sampai 9,72. 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 (Saion, et al., 2013). Selain itu, radiolisis juga tidak berbahaya dan ramah lingkungan untuk menghasilkan partikel logam monodisperse dalam produksi skala besar dengan distribusi yang seragam.

Berdasarkan uraian tersebut diketahui bahwa kandungan logam Cr(VI) pada limbah industri dapat menyebabkan pencemaran lingkungan sehingga perlu dilakukan pengolahan lebih lanjut untuk mereduksi logam Cr(VI) menjadi logam Cr(III) yang dapat diendapkan menjadi senyawa  $\text{Cr}(\text{OH})_3$ . Oleh karena itu, dalam penelitian ini, dilakukan reduksi logam Cr(VI) menjadi logam Cr(III) menggunakan metode iradiasi gamma dengan variasi dosis dan konsentrasi scavenger agar diperoleh dosis dan konsentrasi scavenger yang optimal.

## METODE

### Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam percobaan ini adalah Bahan yang digunakan dalam percobaan ini adalah  $K_2Cr_2O_7$ , Ethanol, NaOH, Aquadest, dan kertas saring. Sementara alat yang digunakan pada percobaan ini adalah alat gelas, ball pipet, irradiator gamma, neraca analitik, botol iradaiasi, XRF Rigaku, pH meter, sendok sungsung, dan wadah sampel.

### Cara Kerja

Langkah-langkah untuk mengetahui pengaruh iradiasi gamma terhadap larutan kalium dikromat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

#### 1. Preparasi sampel

Larutan  $K_2Cr_2O_7$  dibuat dengan dua konsentrasi berbeda, yaitu 150 dan 500 ppm. Kemudian ditimbang  $K_2Cr_2O_7$  sebanyak 0,0375 gr untuk konsentrasi larutan 150 ppm, dan ditimbang  $K_2Cr_2O_7$  sebanyak 0,2 gr untuk konsentrasi larutan 500 ppm. Selanjutnya disiapkan larutan scavenger berupa larutan ethanol absolut sebanyak 22,33 mL untuk konsentrasi larutan 150 ppm, dan sebanyak 59,58 mL untuk konsentrasi larutan 500 ppm. Masing-masing  $K_2Cr_2O_7$  yang telah ditimbang dicampurkan dengan ethanol dalam labu ukur. Untuk konsentrasi 150 ppm digunakan labu ukur 250 mL, sedangkan untuk konsentrasi 500 ppm digunakan gelas beaker 400 mL. Setelah itu ditambahkan aquadest hingga tanda batas. Masing-masing larutan  $K_2Cr_2O_7$  dibuat dalam keadaan basa menggunakan larutan NaOH 1 M hingga pH 8,6 dan diambil sebanyak 250 mL ke dalam botol iradiasi.

#### 2. Iradiasi sampel

Sampel larutan  $K_2Cr_2O_7$  konsentrasi 150 ppm diiradiasi menggunakan irradiator gamma dengan dosis iradiasi 5, 10, 15 kGy. Sementara sampel larutan  $K_2Cr_2O_7$  konsentrasi 500 ppm diiradiasi menggunakan irradiator gamma dengan dosis iradiasi 35, 40, 45, 50 kGy. Kemudian dicatat besarnya dosis radiasi dalam panel kontrol irradiator.

#### 3. Analisis sampel hasil iradiasi dengan XRF Rigaku

Wadah sampel dibuat sebanyak tujuh buah. Masing-masing sampel dianalisis menggunakan XRF Rigaku, kemudian hasil analisis dicetak.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada percobaan ini, dilakukan proses iradiasi terhadap larutan kalium dikromat berkonsentrasi 150 ppm dan 500 ppm dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh radiasi terhadap konsentrasi ion  $Cr^{+6}$  yang masih terdapat di dalam larutan. Larutan kalium dikromat merupakan larutan yang mengandung ion  $Cr^{+6}$ . Sebagaimana kita ketahui, ion  $Cr^{+6}$  (krom heksavalen) biasa ditemukan dalam limbah industri elektroplating, penyamakan kulit, semen, penambangan, tekstil, pupuk, dan fotografi (Khare dkk., 2018). Kromium heksavalen menjadi karsinogen golongan 1 yang diklasifikasikan dengan mekanisme kompleks multiple yang menjadi pemicu perkembangan kanker (DesMarias & Costa, 2019).

Dewasa ini, telah dikembangkan metode-metode kimia untuk menurunkan atau bahkan menghilangkan logam berat seperti kromium dalam limbah cair industri maupun rumah tangga yang dapat membahayakan lingkungan. Namun, metode kimiawi tersebut memiliki kerugian mendasar yakni dapat menyebabkan terjadinya kontaminasi sekunder dari limbah dan endapan yang dipisahkan oleh reagen. Selain itu, kromium yang ada juga tidak dapat dihilangkan secara sempurna. Untuk itu, perlu dilakukan cara-cara baru untuk mengatasi kekurangan tersebut. Salah satu upaya penurunan jumlah kromium dalam limbah dapat dilakukan melalui teknologi radiasi.

Pada percobaan ini, dilakukan iradiasi gamma terhadap sampel berupa larutan kalium dikromat yang merupakan larutan limbah simulasi menggunakan fasilitas irradiator yang berada di Poltek Nuklir -BRIN dengan rentang dosis yang bervariasi dari 5 kGy hingga 50 kGy. Sebelum diiradiasi, larutan kalium dikromat diberikan perlakuan berupa penambahan scavenger dan pengkondisian pH dalam suasana basa. Jenis scavenger yang digunakan adalah larutan ethanol yang dibuat dengan konsentrasi tertentu berdasarkan konsentrasi larutan kalium dikromat yang dianalisis.

**Tabel 1.** Variasi iradiasi gamma pada larutan  $K_2Cr_2O_7$  konsentrasi 150 ppm

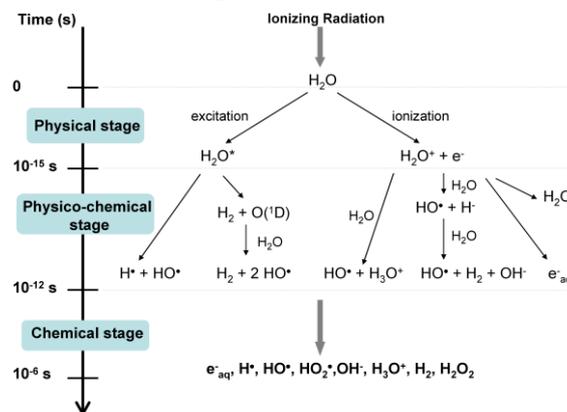
| Dosis (kGy) | Konsentrasi Awal (ppm) | Konsentrasi Akhir (ppm) |
|-------------|------------------------|-------------------------|
| 5           | 150                    | 109,495                 |
| 10          | 150                    | 100,795                 |
| 15          | 150                    | 91,104                  |

**Tabel 2.** Variasi iradiasi gamma pada larutan  $K_2Cr_2O_7$  konsentrasi 500 ppm

| Dosis (kGy) | Konsentrasi Awal (ppm) | Konsentrasi Akhir (ppm) |
|-------------|------------------------|-------------------------|
| 35          | 500                    | 231,377                 |
| 40          | 500                    | 209,424                 |
| 45          | 500                    | 188,794                 |
| 50          | 500                    | 186,854                 |

Pada larutan  $K_2Cr_2O_7$  150 ppm, digunakan perbandingan konsentrasi larutan  $K_2Cr_2O_7$  dengan ethanol sebesar 1:3000. Dengan demikian, larutan  $K_2Cr_2O_7$  150 ppm dipreparasi dengan penambahan scavenger berupa ethanol berkonsentrasi 1,53 M. Sedangkan pada larutan  $K_2Cr_2O_7$  500 ppm, digunakan perbandingan konsentrasi larutan  $K_2Cr_2O_7$  dengan ethanol sebesar 1:1500. Dengan demikian, larutan  $K_2Cr_2O_7$  500 ppm dipreparasi dengan penambahan scavenger berupa ethanol berkonsentrasi 2,55 M. Penambahan scavenger dilakukan secara langsung ketika pembuatan larutan  $K_2Cr_2O_7$ . Dengan menggunakan larutan ethanol absolut, jumlah scavenger yang ditambahkan ke dalam larutan  $K_2Cr_2O_7$  150 ppm dan 500 ppm berturut-turut 22,33 mL dan 59,58 mL. Scavenger yang ditambahkan ke dalam larutan kalium dikromat berperan sebagai agen oksidator kuat untuk menangkap radikal bebas yang dihasilkan selama proses radiolisis air berlangsung. Sementara pengkondisian pH seluruh sampel larutan dikromat dilakukan dalam suasana basa menggunakan larutan NaOH 1 M hingga pH larutan mencapai kisaran 8,5. Tujuan dari proses pengkondisian pH tersebut adalah untuk mengoptimalkan proses pengendapan Cr dengan metode reduksi radiolisis dimana proses pengendapan optimal pada rentang pH 7-9.

Proses iradiasi terhadap larutan kalium dikromat dapat mengakibatkan dekomposisi molekul air yang terkandung di dalamnya sehingga terjadi peristiwa radiolisis air yang melalui tiga tahapan utama, yakni tahap inisiasi fisis, tahap prakimia, dan tahap radiokimia. Pada tahap inisiasi fisis, terjadi transfer energi yang mengakibatkan dekomposisi air melalui eksitasi dan ionisasi yang menghasilkan tiga spesi reaktif, yakni  $H_2O^{\bullet+}$ ,  $e_{aq}^-$ , dan  $H_2O^{\bullet}$ . Selanjutnya, ketika memasuki tahap prakimia, ketiga spesi hasil inisiasi kemudian mulai berdifusi dan bereaksi dengan setiap molekul dalam medium air sehingga menghasilkan molekul-molekul radikal seperti  $HO^{\bullet}$  (radikal hidroksil) dan  $H^{\bullet}$  (radikal hydrogen), serta  $e_{aq}^-$ . Radikal  $HO^{\bullet}$  merupakan oksidator kuat yang sangat reaktif, sementara radikal  $H^{\bullet}$  dan  $e_{aq}^-$  merupakan reduktor yang kuat dan sangat reaktif. Tahapan radiokimia selanjutnya terjadi ketika molekul produk hasil tahap inisiasi dan prakimia bertemu dan saling berdifusi satu sama lain di dalam medium air menghasilkan molekul baru dengan sifat reaktif seperti  $HO_2^{\bullet}$ ,  $H_2$ ,  $H_2O_2$ , dan  $H_3O^+$ . Keseluruhan tahapan yang terjadi dalam proses radiolisis air tersebut ditunjukkan pada skema berikut:



**Gambar 1.** Skema dekomposisi air oleh radiasi

Produk dari proses radiolisis air yang bersifat reduktor kuat yakni radikal  $\text{H}\cdot$  dan  $\text{e}^{-\text{aq}}$  akan berinteraksi dengan ion  $\text{Cr}^{+6}$  dalam larutan dikromat sehingga ion  $\text{Cr}^{+6}$  tereduksi menjadi ion  $\text{Cr}^{+3}$  sebagaimana reaksi berikut.



Ion hidroksida ( $\text{OH}^-$ ) dalam larutan selanjutnya menarik ion  $\text{Cr}^{+3}$  untuk berikatan sehingga dihasilkan senyawa endapan  $\text{Cr}(\text{OH})_3$  yang berwarna hijau muda sebagaimana reaksi berikut.



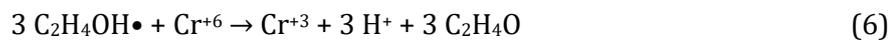
Produk radiolisis lain yang bersifat oksidator seperti radikal hidroksida ( $\text{OH}\cdot$ ). Senyawa radikal hidroksida tersebut dapat mengoksidasi ion  $\text{Cr}^{+3}$  dalam larutan untuk kembali menjadi ion  $\text{Cr}^{+6}$  sebagaimana reaksi berikut.



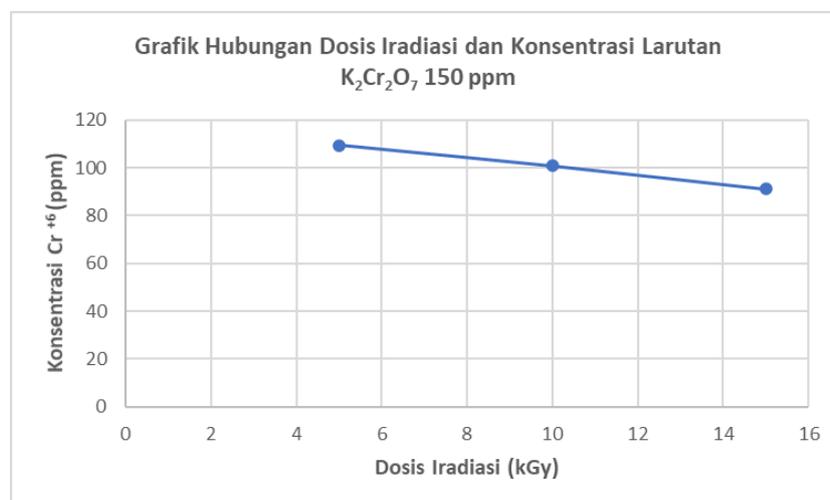
Sebagaimana telah disebutkan sebelumnya, okidasi ion  $\text{Cr}^{+3}$  oleh radikal bebas dalam larutan dikromat dapat dicegah dengan penambahan scavenger berupa ethanol sehingga proses reduksi ion  $\text{Cr}^{+6}$  menjadi  $\text{Cr}^{+3}$  yang dilanjutkan dengan proses pengendapan senyawa  $\text{Cr}(\text{OH})_3$  dapat lebih optimal. Mekanisme penangkapan radikal hidroksida oleh ethanol ditunjukkan pada reaksi berikut.



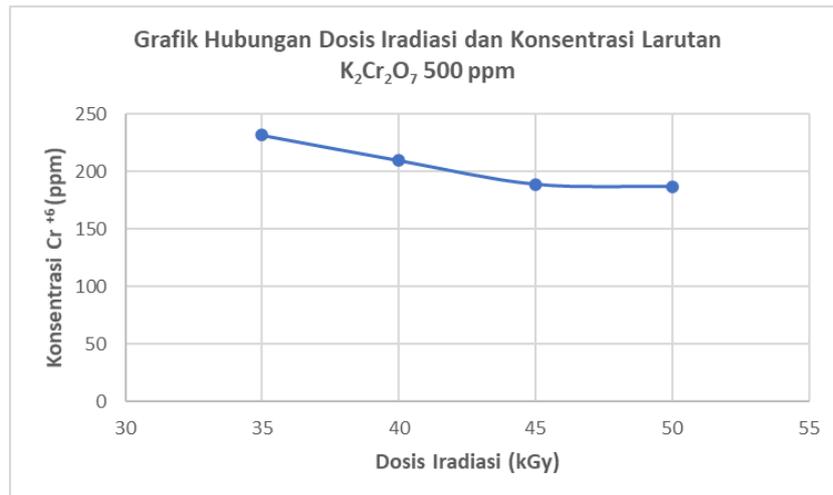
Reaksi tersebut menyebabkan salah satu dari atom hidrogen terlepas dari ethanol dan menghasilkan radikal  $\text{C}_2\text{H}_4\text{OH}\cdot$  yang tidak stabil. Untuk mencapai keadaan stabil, radikal ini akan bereaksi dengan ion  $\text{Cr}^{+6}$  sehingga dihasilkan  $\text{Cr}^{+3}$  dan  $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$  (asetaldehida atau etilen oksida) dengan reaksi sebagai berikut.



Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, proses iradiasi terhadap larutan dikromat baik pada konsentrasi 150 ppm maupun 500 ppm mengakibatkan perubahan warna larutan dari kuning menjadi hijau muda disertai sedikit pengendapan senyawa  $\text{Cr}(\text{OH})_3$ . Perubahan warna tersebut mengindikasikan bahwa ion  $\text{Cr}^{+6}$  cukup tereduksi menjadi ion  $\text{Cr}^{+3}$  meskipun hasil endapan senyawa  $\text{Cr}(\text{OH})_3$  tidak cukup banyak. Secara tidak langsung, reduksi ion  $\text{Cr}^{+6}$  menjadi ion  $\text{Cr}^{+3}$  mengakibatkan penurunan konsentrasi ion  $\text{Cr}^{+6}$  dalam larutan. Analisis konsentrasi larutan dikromat setelah diiradiasi dilakukan menggunakan instrument XRF-Benchtop. Dengan menggunakan kurva standar larutan dikromat pada berbagai konsentrasi, diperoleh kadar ion  $\text{Cr}^{+6}$  dalam larutan setelah proses iradiasi berlangsung adalah sebagai berikut.



**Gambar 2.** Grafik hubungan dosis iradiasi dan konsentrasi larutan  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  150 ppm



**Gambar 3.** Grafik hubungan dosis iradiasi dan konsentrasi larutan  $K_2Cr_2O_7$  500 ppm

Berdasarkan grafik di atas, dapat diketahui bahwa konsentrasi ion  $Cr^{+6}$  baik dalam larutan dikromat 150 ppm maupun 500 ppm akan menurun seiring dengan bertambahnya dosis iradiasi yang digunakan. Hal tersebut dapat terjadi karena semakin tinggi dosis yang diberikan terhadap larutan dikromat, semakin banyak produk radiolisis air berupa radikal  $H\cdot$  dan  $e_{-aq}$  yang akan mereduksi ion  $Cr^{+6}$  dalam larutan dikromat menjadi ion  $Cr^{+3}$ . Dengan kata lain, semakin tinggi dosis iradiasi yang diberikan, semakin banyak ion  $Cr^{+6}$  yang berubah menjadi senyawa endapan  $Cr(OH)_3$  sehingga konsentrasi ion  $Cr^{+6}$  dalam larutan akan semakin menurun.

Perlakuan iradiasi pada rentang dosis 5-15 kGy terhadap larutan dikromat 150 ppm mengakibatkan penurunan konsentrasi yang cukup signifikan. Hingga dosis 15 kGy, konsentrasi ion  $Cr^{+6}$  yang terkandung sebesar 91,104 ppm. Penurunan konsentrasi tersebut kemungkinan masih dapat terus berlanjut seiring dengan penggunaan dosis iradiasi yang lebih tinggi dengan tetap memperhatikan kapasitas scavenger agar keseluruhan radikal hidroksida yang terbentuk dapat berikatan seluruhnya dengan scavenger yang digunakan tanpa mengakibatkan oksidasi  $Cr^{+3}$  kembali menjadi ion  $Cr^{+6}$  oleh radikal hidroksida. Sementara itu, iradiasi terhadap larutan dikromat 500 ppm yang dilakukan pada rentang dosis 35-50 kGy menunjukkan bahwa larutan dikromat mengalami penurunan konsentrasi ion  $Cr^{+6}$  yang cukup signifikan hingga dosis 45 kGy. Namun, penurunan konsentrasi ion  $Cr^{+6}$  pada dosis 50 kGy hanya sedikit terjadi. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa iradiasi terhadap larutan dikromat 500 ppm pada penelitian kali ini optimal pada 45 kGy.

Perbedaan persentase penurunan konsentrasi ion  $Cr^{+6}$  pada larutan dikromat 150 ppm dan 500 ppm kemungkinan dipengaruhi oleh konsentrasi scavenger yang digunakan oleh masing-masing larutan tersebut. Larutan  $K_2Cr_2O_7$  150 ppm memiliki nilai perbandingan konsentrasi yang lebih besar dibandingkan dengan larutan dikromat 500 ppm. Hal tersebut jelas memiliki dampak terhadap kemampuan scavenger dalam menangkap radikal hidroksil yang secara tidak langsung akan mempengaruhi persentase penurunan konsentrasi ion  $Cr^{+6}$ . Berdasarkan perhitungan dan grafik yang dihasilkan, dapat dilihat bahwa nilai  $R^2$  yang dihasilkan pada larutan dikromat 150 ppm mempunyai nilai yang lebih mendekati 1 dari pada nilai  $R^2$  pada larutan dikromat 500 ppm. Dengan demikian, apabila kedua larutan  $K_2Cr_2O_7$  dibuat dalam konsentrasi yang sama dan dikenai dosis iradiasi yang sama, larutan  $K_2Cr_2O_7$  dengan perbandingan konsentrasi scavenger 1:3000 lebih optimal dalam mereduksi ion  $Cr^{+6}$  dibandingkan larutan  $K_2Cr_2O_7$  dengan perbandingan konsentrasi scavenger 1:1500. Selain konsentrasi scavenger yang digunakan, proses reduksi ion  $Cr^{+6}$  menjadi ion  $Cr^{+3}$  juga dipengaruhi oleh pengkondisian pH larutan yang dilakukan dalam suasana basa agar ion  $Cr^{+3}$  hasil reduksi ion  $Cr^{+6}$  dapat mengendap secara optimal menjadi senyawa  $Cr(OH)_3$  yang berwarna hijau muda.

Berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor. 51/MENLH/10/1995 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri, batas maksimal krom total (Cr) yang

diperbolehkan dibuang ke lingkungan adalah 2,0 mg/l. Mengingat kromium (Cr) sebagai unsur logam berat dan dikategorikan sebagai limbah B3 dalam limbah cair, maka perlu dilakukan pengolahan terhadap limbah cair ini hingga konsentrasinya di bawah batas yang diizinkan untuk dibuang ke lingkungan. Proses iradiasi terhadap larutan  $K_2Cr_2O_7$  sebagai larutan limbah simulasi pada penelitian kali ini menunjukkan bahwa konsentrasi akhir  $Cr^{+6}$  setelah diiradiasi masih jauh di atas nilai baku mutu limbah cair. Penyebab tidak terpenuhinya nilai baku mutu limbah cair untuk krom pada penelitian ini kemungkinan dikarenakan masih kurangnya eksplorasi praktikan dalam menentukan variasi dosis dan konsentrasi scavenger yang digunakan. Selain itu, ketidaksesuaian ini juga dapat diakibatkan oleh kesalahan saat pengukuran konsentrasi akhir larutan dikromat oleh instrument yang digunakan.

### KESIMPULAN

1. Proses iradiasi terhadap larutan  $K_2Cr_2O_7$  mengakibatkan penurunan konsentrasi ion  $Cr^{+6}$  dalam larutan karena adanya produk radiolisis berupa radikal  $H\bullet$  dan  $e^{-aq}$  yang mereduksi ion  $Cr^{+6}$  dalam larutan dikromat menjadi ion  $Cr^{+3}$ .
2. Proses iradiasi terhadap larutan  $K_2Cr_2O_7$  mengakibatkan perubahan warna larutan dari kuning menjadi hijau muda yang mengindikasikan terbentuknya senyawa endapan berupa  $Cr(OH)_3$ .
3. Semakin tinggi dosis iradiasi yang diberikan, semakin banyak ion  $Cr^{+6}$  yang berubah menjadi senyawa endapan  $Cr(OH)_3$  sehingga konsentrasi ion  $Cr^{+6}$  dalam larutan akan semakin menurun.
4. Berdasarkan perhitungan dan pengamatan nilai  $R^2$  pada grafik, larutan  $K_2Cr_2O_7$  dengan perbandingan konsentrasi scavenger 1:3000 lebih optimal dalam mereduksi ion  $Cr^{+6}$  dibandingkan larutan  $K_2Cr_2O_7$  dengan perbandingan konsentrasi scavenger 1:1500.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih kami sampaikan kepada Bapak Sugili Putra, M.Sc selaku dosen pembimbing mata kuliah Praktikum Kimia Radiasi atas bimbingan yang telah diberikan untuk pelaksanaan penelitian ini.

### DAFTAR PUSTAKA

- Adhani, Rosihan, Husaini. (2017). Logam Berat Sekitar Manusia (II; Syarifah Kholishotunnisa, Ed.). Banjarmasin: Lambung Mangkurat University Press.
- Amalia, Nurfitri. (2015). *Adsorpsi Cr(III) dan Cr(VI) dalam Larutan Menggunakan Karbon Aktif dari Biji Trembesi (Samanea saman)*. Undergraduate thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Des Marias, T & Costa, M. (2019). Mechanisms of Chromium-Induced Toxicity, Current opinion In Toxicology 2019, 14:1-7.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51/MENLH/10/1995 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri.
- Khare, N., dkk. (2018). Graphene Coated Iron Oxide (GCIO) Nanoparticles as Efficient Adsorbent for Removal of Chromium Ions: Preparation, Characterization and Batch Adsorption Studies", Environmental Nanotechnology, Monitoring and Management.
- R. Didiek dan R. Sukarsono. (2008). Pengolahan Limbah Kromium dari Industri Penyamakan Kulit Menggunakan Teknik Radiasi Berkas Elektron. Prosiding Seminar Teknologi Pengelolaan Limbah V Pusat Teknologi Limbah Radioaktif – BATAN.
- Ridwan M, Prayoto. Marsongkohadi. Ilvas J, dan Roekmant Ara R. (1978). Pengantar Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir. Jakarta : BATAN.
- Safarrida, Anna, & Ngadiman, Widada J. (2015). Fitoremediasi Kandungan Kromium pada Limbah Cair Menggunakan Tanaman Air. J Bioteknologi Biosains Indonesia, 2, 55– 59.
- Saion, E., Gharibshahi, E. & Naghavi, K. (2013). Size-Controlled and Optical Properties of Monodispersed Silver Nanoparticles Synthesized by the Radiolytic Reduction Method, International journal of molecular sciences, 14(4), pp. 7880-7896.