

PENGARUH ETANOL DAN HIDROGEN PEROKSIDA TERHADAP PEMBENTUKAN ASAM KROMAT DARI LIMBAH ELEKTROPLATING DENGAN METODE IRADIASI GAMMA

Miftah Qoily Qodiahtadavi¹, Ady Agung Prasetyo², Manggala Yudha Kinasih³
miftahqoily04@gmail.com¹, adyagung601@gmail.com², myudhakinasih@gmail.com³
Politeknik Teknologi Nuklir Indonesia

ABSTRAK

Pengembangan potensi daerah, terutama dalam sektor pariwisata dan budaya, menjadi prioritas dalam meningkatkan pendapatan asli daerah (PAD) kota Yogyakarta. Salah satu industri yang berkembang di Yogyakarta adalah industri elektroplating, yang menghasilkan limbah logam berat yang berpotensi mencemari lingkungan. Limbah elektroplating mengandung logam berat seperti kromium, kadmium, timah, dan nikel, yang dapat mengakibatkan polusi lingkungan dan dampak negatif pada kesehatan manusia. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh penambahan etanol dan hidrogen peroksida terhadap proses pengolahan limbah kromium elektroplating menggunakan teknik iradiasi gamma. Metode ini dipilih karena keunggulannya dalam kebersihan, efisiensi, dan keamanan lingkungan dalam pengolahan limbah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan etanol meningkatkan kadar kromium dalam air limbah setelah iradiasi, dengan endapan optimal $\text{Cr}(\text{OH})_3$ terjadi pada konsentrasi etanol 3M dan 4,5M, serta kelarutan endapan maksimal pada etanol 4,5M. Penambahan hidrogen peroksida 30% menghasilkan perubahan warna larutan dari hijau menjadi kecoklatan, kemudian ke kuningan, dan akhirnya larutan menjadi kuning tanpa endapan. Perubahan warna hingga kuning ini menandakan asam kromat terbentuk. Massa asam kromat yang terbentuk pada variasi etanol 1,5 M; 3M; dan 4,5M berturut-turut sebanyak 1,0151 gram; 0,6498 gram; dan 4,4126 gram.

Kata Kunci: Limbah Elektroplating, Kromium, Etanol, Hidrogen Peroksida, Iradiasi Gamma, Pembentukan Asam Kromat.

ABSTRACT

The development of regional potential, especially in the tourism and cultural sectors, is a priority in increasing the local revenue (PAD) of the city of Yogyakarta. One of the industries thriving in Yogyakarta is the electroplating industry, which generates heavy metal waste that has the potential to pollute the environment. Electroplating waste contains heavy metals such as chromium, cadmium, tin, and nickel, which can lead to environmental pollution and negative impacts on human health. This study aims to evaluate the influence of adding ethanol and hydrogen peroxide on the process of treating electroplating waste chromium using gamma irradiation techniques. This method was chosen for its advantages in cleanliness, efficiency, and environmental safety in waste processing. The results of the study indicate that the addition of ethanol increases the chromium concentration in wastewater after irradiation, with the optimal $\text{Cr}(\text{OH})_3$ precipitate occurring at ethanol concentrations of 3M and 4.5M, and maximum solubility of the precipitate at 4.5M ethanol. The addition of 30% hydrogen peroxide resulted in a color change in the solution from green to brownish, then to yellowish, and finally the solution turned yellow without precipitate. This color change to yellow indicates the formation of chromic acid. The mass of chromic acid formed at ethanol variations of 1.5 M, 3 M, and 4.5 M are 1.0151 grams, 0.6498 grams, and 4.4126 grams respectively.

Keywords : *Electroplating Waste, Chromium, Ethanol, Hydrogen Peroxide, Gamma Irradiation, Chromic Acid Formation.*

PENDAHULUAN

Pengembangan potensi daerah merupakan salah satu tuntutan pada era otonomi saat ini. Sektor pariwisata dan budaya merupakan salah satu prioritas untuk meningkatkan pendapat asli daerah (PAD) kota Yogyakarta. Meningkatnya kebutuhan akan produk yang menggunakan proses elektroplating mendorong berkembangnya industri elektroplating yang berada di Yogyakarta. Dalam beberapa tahun belakangan ini, kewaspadaan publik terhadap pengaruh ion logam berat yang terlarut dalam air atau limbah semakin meningkat. Logam berat seperti kromium, kadmium, timah dan nikel yang terkandung dalam limbah cair industri elektroplating dapat menghasilkan polusi lingkungan dan mempunyai pengaruh negatif pada kesehatan manusia.

Limbah Elektroplating

Limbah dari proses elektroplating merupakan limbah logam berat yang termasuk dalam limbah B3 (Bahan Beracun Berbahaya) [1]. Proses elektroplating merupakan proses pelapisan logam dengan bantuan arus listrik yang berlangsung secara reaksi reduksi-oksidasi dari logam pelapis (sebagai anoda) ke benda kerja (sebagai katoda yang dilapisi). Pada katoda terjadi proses penangkapan elektron, sedangkan pada anoda terjadi reaksi pelepasan elektron, sehingga proses pengendapan berlangsung di katoda yang berdampak terhadap penambahan ketebalan dan berat benda kerja.

Limbah penyepuhan krom menghasilkan krom valensi 6 yang berasal dari larutan elektrolit yang mengandung asam kromat (Cr_2O_3). Asam kromat digunakan dalam proses elektrolisis ini berfungsi sebagai sumber ion krom yang akan melapisi pada katoda. Dalam menjaga kadar krom dalam larutan elektrolisis, berkurangnya konsentrasi ion krom perlu ditambahkan asam kromat karena anoda yang digunakan inaktif.

Penggantian larutan elektrolisis ini menimbulkan pencemaran apabila dibuang langsung ke lingkungan. Kuantitas limbah yang dihasilkan dalam proses elektroplating tidak terlampaui besar, tetapi tingkat toksisitasnya sangat berbahaya, terutama krom, nikel dan seng [2]. Secara umum efluen dari industri elektroplating yang mungkin dapat terjadi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Efluen dari Industri Elektroplating

Parameter	Jumlah maksimum	Satuan
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

Isu lingkungan menuntut penggunaan bahan-bahan yang ramah lingkungan, mengarahkan pengembangan produk dengan limbah sekecil mungkin. Penerapan produksi bersih dapat meningkatkan efisiensi dan produktivitas dengan prinsip pakai ulang (reuse) bahan-bahan yang dipakai pada industri penyepuhan kromium (Cr). Berdasarkan uraian tersebut, maka diperlukan suatu usaha untuk mengolah limbah hasil penyepuhan kromium (Cr) agar dapat diminimalisir dampaknya terhadap lingkungan. Selain itu dimungkinkan adanya penggunaan kembali limbah penyepuhan kromium (Cr) sehingga dapat lebih

bermanfaat.

Dalam penelitian ini, limbah krom elektroplating diolah menjadi asam kromat (H_2CrO_4) dengan menggunakan teknik iradiasi gamma. Asam kromat ini belum pernah diisolasi dalam bentuk murninya. Basa konjugat dari asam ini adalah ion kromat dan dikromat, yang dapat membentuk beberapa garam (misalnya kalium dikromat, $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$). Anhidrida dari asam kromat adalah kromium trioksida, atau disebut juga kromium (VI) oksida, CrO_3 . Pada asam kromat, dikromat ataupun semua turunannya, atom kromium mempunyai bilangan oksidasi +6. Larutan asam kromat dibuat dengan cara mengasamkan larutan yang mengandung ion kromat atau dikromat. Larutan ini bersifat oksidator kuat, berwarna merah kecoklatan, jingga atau kuning tergantung konsentrasi kromium (VI). Adapun tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh penambahan Etanol dan penambahan Hidrogen Peroksida pada limbah kromium elektroplating.

Iradiasi Gamma

Prinsip teknik iradiasi gamma adalah adanya interaksi radiasi dengan molekul air yang dikenal radiolisis [3][4]. Efek radiasi pada senyawa tertentu tergantung pada komposisi materi dan jumlah energi yang ditransfer oleh radiasi. Pada proses radiolisis air, dihasilkan spesies aktif yaitu elektron terhidrat (eaq^-) dan radikal hidrogen ($\bullet\text{H}$) sebagai spesies pereduksi, serta radikal hidroksida ($\bullet\text{OH}$) dan hidrogen peroksida sebagai spesies pengoksidasi [3].



Elektron terhidrat (eaq^-) dan atom hidrogen ($\bullet\text{H}$) untuk mereduksi logam yang ada di dalam larutan sehingga bisa mengendap. Sedangkan radikal hidroksil ($\bullet\text{OH}$) mampu mengoksidasi ion atau atom menjadi 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 [5][6].

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 [7]. Selain itu, radiolisis juga tidak berbahaya dan ramah lingkungan untuk menghasilkan partikel logam monodisperse dalam produksi skala besar dengan distribusi yang seragam.

METODOLOGI

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini, antara lain: Limbah kromium (Cr) electroplating dari Omah Krom, etanol, dan H_2O_2 diproduksi oleh Merck dengan kadar 30%.

Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini, antara lain: Iradiator Gamma, XRF Benchtop, peralatan gelas, hot plate, oven, termometer, magnetic stirrer, ph meter digital, sendok pengaduk, dan kertas saring.

Preparasi sampel

Dilakukan pengecekan pH pada limbah kromium elektroplating menggunakan pH meter. Dilakukan penambahan etanol pada limbah kromium elektroplating dengan empat variasi: (1) Ditambahkan 22,3mL etanol dan air limbah hingga 250mL pada labu ukur untuk variasi 1,5M. (2) Ditambahkan 44,6mL etanol dan air limbah hingga 250mL pada labu ukur untuk variasi 3M. (3) Ditambahkan 67,0mL etanol dan air limbah hingga 250mL pada labu ukur untuk variasi 4,5M. (4) Ditambahkan 89,3mL etanol dan air limbah hingga

250mL pada labu ukur untuk variasi 6M. Limbah kromium elektroplating dan etanol dicampurkan atau dihomogenkan.

Penentuan kadar limbah kromium

Dilakukan proses iradiasi sampel limbah kromium elektroplating dengan dosis 15kGy. Penentuan kalibrasi larutan standard Cr menggunakan XRF dengan variasi larutan 0ppm, 250 ppm, 500ppm, 750ppm, dan 1000ppm. Pengecekan kadar Cr menggunakan XRF pada setiap variasi etanol.

Pembuatan asam kromat

Sampel yang telah dilakukan iradiasi, selanjutnya disaring menggunakan kertas saring. Selanjutnya, endapan hasil variasi etanol masing – masing ditimbang dan dikeringkan. Dilakukan penambahan hydrogen peroksida 30% pada tiap – tiap endapan yang memiliki variasi etanol tertentu. Hydrogen peroksida dan endapan diaduk menggunakan magnetic strirrer hingga berwarna kuning dan larut (tanpa ada endapan lagi). Dilakukan proses kristalisasi pada endapan limbah kromium elektroplating. Dilakukan penimbangan pada hasil akhir endapan yang diperoleh.

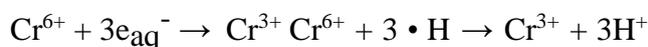
HASIL DAN PEMBAHASAN

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 bagian benda yang sulit dilapisi (low current) oleh pelapisan nikel sebelumnya. Apabilabenda 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 100gramper 200mL. 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 $20N.s/m^2$ sampai dengan $22N.s/m^2$ untuk menambah daya rekat pada pelapisan krom. Proses elektroplating krom ini dilakukan pada suhu optimal $55^\circ C$ dan dilakukan selama 30 menit sampai dengan 1 jam tergantung dari ukuran benda yang akan dilakukan pelapisan.

Dengan penggunaan asam kromat sebagai sumber ion krom, limbah elektroplating mengandung krom dengan valensi 6. Kromium hexavalent (Cr^{6+}) bersifat lebih toksik dibandingkan dengan kromium trivalent (Cr^{3+}). Walaupun kuantitas limbah elektrolisis tidak terlampau besar, tetapi tingkat toksisitasnya sangat tinggi sehingga limbah elektrolisis termasuk dalam limbah bahan beracun dan berbahaya (limbah B3). Oleh karena itu, limbah krom $6+$ direduksi menjadi krom $3+$ yang dilanjutkan dengan pengendapan untuk mengurangi toksisitas pada lingkungan. Teknik mereduksi krom $6+$ menjadi $3+$ dilakukan menggunakan iradiasi gamma dengan radiolisis. Pada proses radiolisis terjadi interaksi dengan molekul air yang menghasilkan spesies aktif yaitu elektron terhidrat (eaq^-), radikal hidrogen ($\bullet H$) sebagai spesies pereduksi, serta radikal hidroksil ($\bullet OH$) dan hidrogen peroksida sebagai spesies pengoksidasi.

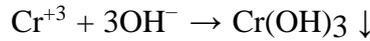


Kromium hexavalent bereaksi dengan elektron terhidrat dan radikal hidrogen. Dengan begitu, ion Cr^{6+} tereduksi menjadi ion Cr^{3+} sesuai dengan reaksi berikut.

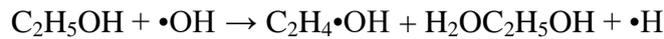


Pada keadaan asam, ion kromat (CrO_4^{2-}) dapat menimbulkan peristiwa reduksi

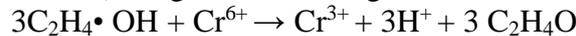
yang sangat kuat sehingga pH air limbah penyepuhan krom, yaitu 4,552 (pH awal). Sedangkan, Cr^{3+} tersebut kemudian berikatan dengan radikal hidroksil dan membentuk endapan $\text{Cr}(\text{OH})_3$ yang berwarna hijau muda. Proses pembentukan endapan $\text{Cr}(\text{OH})_3$ ditunjukkan pada reaksi berikut.



Dengan adanya spesies pengoksidasi dan radikal hidroksil ini menyebabkan terjadi oksidasi pada Cr^{3+} menjadi Cr^{6+} kembali. Dalam mencegah terjadinya oksidasi, dilakukan dengan penambahan etanol pada air limbah sebelum proses iradiasi gamma. Etanol digunakan sebagai scavenger sehingga etanol menangkap radikal hidroksil tersebut menjadi endapan ion Cr^{3+} optimal. Reaksi penangkapan radikal hidroksil oleh etanol ditunjukkan pada reaksi berikut.



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



Pada praktikum ini, penambahan etanol dilakukan dengan variasi 1,5 M; 3 M; 4,5 M; dan 6 M. Tahapan pembuatan variasi etanol 1,5 M, 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 3 M; 4,5 M; dan 6 M, yaitu dengan mencampurkan etanol serta ditambahkan air limbah hingga batas tera 250 mL, seperti yang ditunjukkan tabel berikut.

Tabel 2 Pembuatan variasi etanol dalam 250 mL

Variasi Etanol	Volume Etanol 98%	Volume Air Limbah
1,5M	22,3mL	227,7mL
3,0M	44,6mL	205,4mL
4,5M	67,0mL	183,0mL
6,0M	89,3mL	160,7mL

Penambahan etanol yang lebih banyak dan volume air limbah yang makin berkurang, menyebabkan kadar krom dalam air limbah semakin meningkat pada dosis radiasi 15 kGy. Hal ini ditunjukkan pada grafik di bawah ini hasil dari analisis XRF dengan kurva standar. Namun, peningkatan kadar krom hasil percobaan masih di bawah kadar krom awal yaitu 331,853 ppm.



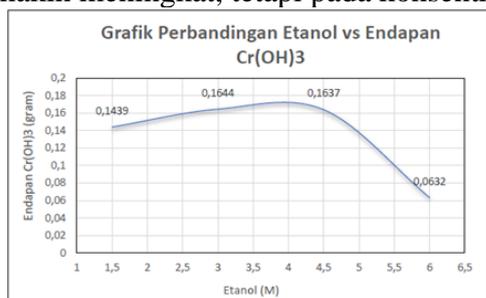
Gambar 1 Kurva kandungan Cr dalam larutan standar dengan analisis XRF



Gambar 2 Hasil analisis XRF terhadap kandungan Cr dalam limbah yang telah diiradiasi

Dengan peningkatan variasi etanol, banyaknya endapan $\text{Cr}(\text{OH})_3$ yang terbentuk semakin meningkat. Namun, terjadi penurunan pada variasi etanol 6 M, seperti ditunjukkan pada grafik di bawah ini. Pada variasi etanol 1,5 M, 3 M, dan 4,5 M, kelarutan $\text{Cr}(\text{OH})_3$

semakin meningkat, tetapi pada konsentrasi 6M menurun.



Gambar 3 Massa endapan Cr(OH)₃ yang diperoleh setelah iradiasi



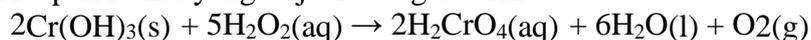
Gambar 4 Kelarutan endapan Cr(OH)₃ dalam air limbah setelah iradiasi

Secara perhitungan stokiometri kelarutan Cr(OH)₃ didapatkan hasil sebesar $1,68 \times 10^{-6}$ g/L. Dengan kelarutan ini, massa endapan secara teori pada setiap variasi etanol juga dapat dihitung. Begitu juga dengan selisih antara massa endapan yang diperoleh saat praktik dengan massa endapan dapat diketahui, seperti yang ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 3 Nilai selisih endapan Cr(OH)₃ secara praktik dan teori

Variasi Etanol	Massa Endapan (secara praktik)	Massa Endapan (secara teori)	Selisih Endapan
1,5 M	0,1439gram	$3,81 \times 10^{-7}$ gram	85,61%
3,0 M	0,1644gram	$3,44 \times 10^{-7}$ gram	83,56%
4,5 M	0,1637gram	$3,07 \times 10^{-7}$ gram	83,63%
6,0 M	0,0632gram	$2,69 \times 10^{-7}$ gram	93,68%

Endapan Cr(OH)₃ yang terbentuk dimanfaatkan kembali menjadi asam kromat dengan harapan asam kromat ini bisa digunakan kembali menjadi bahan dasar elektroplating krom. Endapan dilarutkan dengan hidrogen peroksida 30% untuk mengoksidasi Cr³⁺ menjadi Cr⁶⁺. Hidrogen peroksida merupakan senyawa organik yang memiliki sifat oksidator yang kuat, larutan yang tidak berwarna, titik didih 150°C, dan larut dalam air dengan baik. Adapun reaksi yang terjadi sebagai berikut.



Saat direaksikan dengan hidrogen peroksida, terdapat perubahan warna pada endapan. Endapan yang awalnya berwarna hijau berubah menjadi berwarna merah kecoklatan, tetapi masih terdapat banyak endapan yang belum terlarut. Ketika ditambahkan hidrogen peroksida kembali, larutan akan berubah menjadi kuning kehijauan dan masih terdapat endapan yang belum terlarut. Perubahan dari warna coklat ke kuning ini, memicu terjadinya ledakan – ledakan akibat dikontakkan dan akan terasa sedikit lebih panas. Berubahnya warna larutan menjadi kuning ini menunjukkan bahwa terjadi reaksi oksidasi pada endapan, yaitu Cr³⁺ menjadi Cr⁶⁺. Namun, diperlukan volume hidrogen peroksida yang lebih banyak untuk melarutkan endapan yang ada.



Gambar 5 Endapan Cr(OH)₃ berwarna hijau



Gambar 6 Endapan ditambahkan dengan H₂O₂ 30%, terjadi letupan dan berubah menjadi larutan kecoklatan.



Gambar 7 Ditambahkan H₂O₂ 30%, lagi menjadi larutan kuning kehijauan dan banyak



Gambar 8 Ditambahkan H₂O₂ 30%,

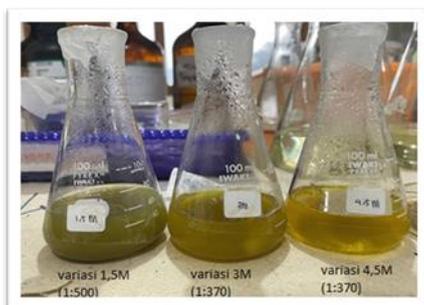
lagi hingga larutan berwarna kuning cerah dan sedikit endapan belum larut

Pada variasi etanol 6 M, endapan yang diperoleh sebanyak 0,06gram. Saat perbandingan penambahan H₂O₂ 1:60 mL atau 3,6mL H₂O₂ yang ditambahkan, larutan berubah dari kecoklatan menjadi kuning dan terdapat letupan, tetapi masih terdapat banyak endapan yang berwarna pekat (hijau). Setelah endapan ditambahkan H₂O₂ sampai 15mL (1:250), larutan tetap berwarna kuning, tetapi masih sedikit endapan yang belum larut.

Pada variasi etanol 3 M dan 4,5 M, endapan yang diperoleh sebanyak 0,16gram. Meskipun jumlah endapan sama, tetapi kelarutannya berbeda. Saat penambahan H₂O₂ sebanyak 7,04mL (1:44), variasi 4,5M terjadi perubahan warna menjadi larutan kuning dan masih terdapat banyak endapan. Sedangkan, pada variasi 3M ditambahkan 7,04mL belum ada perubahan apapun dan terjadi perubahan menjadi larutan kuning kecoklatan saat ditambahkan H₂O₂ sampai 10,24mL (1:64). Pada perbandingan yang sama yakni 1:370 (59,2mL), larutan pada variasi 4,5 M berwarna kuning dan endapan lebih sedikit. Sedangkan, larutan pada variasi 3 M masih berwarna kuning kehijauan pekat. Larutan yang berwarna

hijau ini menunjukkan bahwa Cr^{3+} belum teroksidasi menjadi Cr^{6+} .

Pada variasi etanol 1,5 M, endapan yang diperoleh sebanyak 0,14gram. Saat ditambahkan H_2O_2 sebanyak 8,96mL (1:64), endapan belum terjadi perubahan. Pada variasi ini, perubahan yang terjadi cukup membutuhkan waktu yang lama dibandingkan dengan variasi lainnya. Endapan mulai berubah saat ditambahkan H_2O_2 sampai 35mL (1:250), yakni larutan berubah menjadi kuning kecoklatan dan masih banyak endapan yang belum larut. Hingga saat ditambahkan sampai 70mL (1:500), larutan hanya berubah menjadi warna kehijauan pekat.



Gambar 9 Contoh larutan setelah penambahan H_2O_2 dengan parameter perbandingan tertentu.

Adapun perubahan warna yang berbeda-beda pada setiap variasi ditunjukkan pada tabel di bawah ini dengan perbandingan 1:250.

Tabel 4 Perubahan visual yang terjadi setelah penambahan H_2O_2 dengan perbandingan 1:250

Variasi Etanol	Massa Endapan	Volume H_2O_2	Perubahan Visual
1,5M	0,14gram	35mL	Bereaksi, larutan kuning kecoklatan, banyak endapan
3,0M	0,16gram	40mL	Larutan kuning kehijauan pekat, banyak endapan
4,5M	0,16gram	40mL	Larutan kuning, banyak endapan
6,0M	0,06gram	15mL	Larutan kuning, sedikit endapan

Perbedaan visual pada perbandingan 1:250 ini menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi etanol, endapan semakin cepat larut dan reaksi oksidasi semakin cepat. Selain itu, semakin kecil konsentrasi etanol maka semakin memerlukan waktu yang lama untuk terjadi reaksi oksidasi pada endapan. Faktor pengadukan juga memengaruhi, reaksi akan lebih cepat apabila endapan dan H_2O_2 diaduk semakin cepat. Perubahan larutan menjadi kuning ini menunjukkan telah terbentuknya asam kromat (H_2CrO_4) dalam air (H_2O). Dalam menghilangkan kadar air dalam asam kromat, maka larutan dilakukan proses kristalisasi yaitu dengan memanaskan larutan pada suhu 100°C (titik didih H_2O) hingga kering atau menjadi kristal. Pada variasi etanol 1,5 M dengan volume H_2O_2 70mL (1:700), kristal yang diperoleh sebanyak 1,0151gram. Sedangkan, kristal yang diperoleh pada variasi etanol 3M dengan volume 80mL (1:500), yaitu sebanyak 0,6498gram. Dengan volume yang sama yakni 80mL (1:500), kristal yang diperoleh pada variasi etanol 4,5 M yaitu sebanyak 4,4126gram. Dengan volume H_2O_2 15mL, kristal yang diperoleh pada variasi etanol 6M yaitu sebanyak -0,8611gram. Hasil negatif ini dikarenakan saat pemanasan pada variasi etanol 6M cawan petri yang digunakan pecah, oleh karena itu ketika penimbangan berat cawan petri mula – mula dan yang telah pecah tidak sama, kemungkinan yang mungkin terjadinya ada serpihan kecil dari pecahan yang tidak ikut ditimbang. Banyaknya kristal

yang terbentuk ini disebabkan karena larutan berwarna kuning cerah dan endapan Cr^{3+} ($\text{Cr}(\text{OH})_3$) yang semakin teroksidasi menjadi Cr^{6+} (CrO_4^{2-}) sehingga asam kromat yang terbentuk semakin banyak.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini, yaitu semakin tinggi konsentrasi etanol, maka kadar kromium (Cr) dalam air limbah setelah iradiasi akan meningkat. Namun, endapan $\text{Cr}(\text{OH})_3$ optimal pada konsentrasi etanol 3M dan 4,5M. Serta kelarutan endapan $\text{Cr}(\text{OH})_3$ maksimal pada etanol 4,5M. Pengaruh penambahan Hidrogen Peroksida 30%, yaitu mampu merubah endapan yang awalnya berwarna hijau kemudian menjadi larutan berwarna kecoklatan, ketika dikontakkan terlihat adanya letupan sehingga berubah menjadi larutan berwarna hijau kekuningan, dan apabila H_2O_2 ditambahkan terus menerus maka larutan akan berwarna semakin kuning (bebas dari endapan). Oksidasi Cr^{3+} ke Cr^{6+} dikatakan telah habis bereaksi apabila endapan berwarna hijau berubah menjadi larutan berwarna kuning dan seluruh endapan dapat terlarut. Massa asam kromat yang terbentuk pada variasi etanol 1,5 M; 3M; dan 4,5M berturut-turut sebanyak 1,0151gram; 0,6498gram; dan 4,4126gram.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Purwanto, Penerapan Produksi Bersih di Kawasan Industri, Seminar Penerapan Program Produksi Bersih Dalam mendorong Terciptanya KawasanEco-industrial di Indonesia. Jakarta,2005.
- [2] Roekmijati, Presipitasi Bertahap Logam Berat Limbah Cair Industri Pelapisan Logam Menggunakan Larutan Kaustik Soda, Jurnal Kimia Lingkungan, 2002.
- [3] Sugita P, E. K., Pengaruh Iradiasi Gamma terhadap Degradasi Zat Warna Direct Orange 34 dalam Air. Jurnal Teknologi Lingkungan, 2000
- [4] Miyata. T, 1995, Radiation Chemistry of Water Syste, Aplication of Radiations Processing for Decontamination of Liquid Wastes. Takasaki Radiation Chemistry Research Establishment, UNDP/IAEA/, 1995.
- [5] Herhady. R. D., 2007, Pengolahan Limbah Kromium dari Industri Penyamakan Kulit Menggunakan Teknik Radiasi Berkas Elektron. Prosiding Seminar Teknologi Pengelolaan Limbah V, 2007.
- [6] Shrivastava. K. C., 2019, Remediation of Chromium (VI) Ions as Chromium Oxide Xerogel Via Gamma-Radiolysis of Aqueous Waste Discharge. Separation and Purification Technology, 2005.
- [7] Saion, E. G., Size-Controlled and Optical Properties of Monodispersed Silver Nanoparticles Synthesized by the Radiolytic Reduction Method. International Journal of Molecular Sciences, 7880-7896, 2013.