
PENGARUH PH TERHADAP PENURUNAN KONSENTRASI THORIUM DALAM LIMBAH MENGGUNAKAN PROSES ELEKTROKOAGULASI DENGAN ELEKTRODA ALUMINIUM DAN TEMBAGA

Prayitno¹, Vemi Ridantami¹, Indah Muji Mulyani²

¹Pusat Sains dan Teknologi Akselerator – BATAN
Jl. Babarsari 6101 YKBB, Yogyakarta, 55281

²Jurusan Kimia, Fakultas MIPA – Universitas Negeri Semarang
Kampus Sekaran Gunungpati, Semarang, 50229
e-mail: pstaprayitno@gmail.com

(Naskah diterima: 05-07-2018, Naskah direvisi: 30-11-2018, Naskah disetujui: 12-12-2018)

ABSTRAK

PENGARUH PH TERHADAP PENURUNAN KONSENTRASI THORIUM DALAM LIMBAH MENGGUNAKAN PROSES ELEKTROKOAGULASI DENGAN ELEKTRODA ALUMINIUM DAN TEMBAGA. Telah dilakukan penurunan konsentrasi thorium dalam limbah menggunakan proses elektrokoagulasi. Proses elektrokoagulasi merupakan metode pengolahan limbah yang berprinsip pada penggunaan elektroda dengan beda potensial untuk menghasilkan koagulan. Salah satu parameter proses elektrokoagulasi yaitu pH. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pH pada proses elektrokoagulasi dalam menurunkan konsentrasi thorium. Metode yang digunakan adalah proses elektrokoagulasi secara batch dalam bak elektrokoagulator dengan ukuran 22,5 × 14,5 × 20 cm. Elektroda yang digunakan adalah aluminium dan tembaga dengan ukuran 20 × 20 cm² dengan luas permukaan aktif 250 cm². Elektroda dipasang secara paralel dengan jarak antar elektroda yaitu sebesar 1 cm. Proses elektrokoagulasi dilakukan dengan tegangan sebesar 2 Volt selama 60 menit. Pengambilan sampel limbah dilakukan setiap interval waktu 5 menit, kemudian dianalisis konsentrasi thorium dan pH pada masing-masing sampel. Hasil analisis menunjukkan bahwa selama proses elektrokoagulasi terjadi perubahan pH. Perubahan tersebut berakibat terhadap besar konsentrasi thorium yang ditunjukkan oleh perubahan efisiensi penyisihan proses elektrokoagulasi. Hasil efisiensi penyisihan dengan menggunakan elektroda aluminium diperoleh 98,06% dari konsentrasi Th sebesar 439,274 ppm menjadi 8,503 ppm pada waktu 5 menit dengan pH sebesar 7,38, sedangkan dengan elektroda tembaga diperoleh 96,35% dari konsentrasi Th sebesar 439,274 ppm menjadi 16,015 ppm pada waktu 5 menit dengan pH sebesar 7,29. Kedua proses elektrokoagulasi menghasilkan efisiensi penyisihan dan peningkatan pH yang optimal pada waktu 5 menit. Hal ini menunjukkan bahwa pada waktu 5 menit pembentukan koagulan berlangsung cepat.

Kata Kunci: limbah, elektrokoagulasi, pH, koagulan, konsentrasi Th

ABSTRACT

EFFECT OF PH IN DECREASING THORIUM CONDITION IN WASTE USING ELECTROCOAGULATION PROCESS WITH ALUMINIUM AND COPPER ELECTRODE.

Reduction of thorium level by electrocoagulation process has been done. Electrocoagulation process is a method used in waste management, which is based on the use of electrodes with potential difference to produce coagulant. One of the process parameters in electrocoagulation is pH. This study aims to determine the effect of pH on the electrocoagulation process in order to lower the thorium level. The method used was batch electrocoagulation process in electrocoagulator tub of 22.5 × 14.5 × 20 cm dimension. The electrodes used were aluminum and copper of 20 × 20 cm² size with active surface area of 250 cm². Electrodes were installed in parallel with 1 cm distance between the electrodes. The electrocoagulation process was carried out with a working voltage of 2 V for 60 minutes. Sampling was done every 5 minute interval to prepare samples for subsequent thorium level analysis and pH measurement. The results show changes in pH value during the electrocoagulation process. Such changes result in the concentration change, which was indicated by coagulant separation efficiency. The separation efficiency of aluminum electrode was 98.06%, which was indicated by an increase in thorium level from the initial value of 439.274 ppm to 8.503 ppm within 5 minutes at a pH of 7.38. The copper electrode shows 96.35% efficiency in reducing thorium level from the initial value of 439.274 ppm to 16.015 ppm within 5 minute at a pH of 7.29. Both electrodes used in the electrocoagulation processes show high separation efficiency and significant increase in pH values within 5 minutes, suggesting that the formation rate of coagulants is rapid during 5 minutes.

Keywords: *electrocoagulation, pH, coagulant*

PENDAHULUAN

Permasalahan limbah yang timbul dari hasil proses industri karena mempunyai volume yang besar tetapi mempunyai aktivitas rendah. Salah satu limbah radioaktif yang banyak ditimbulkan dari kegiatan industri adalah bidang penambangan yaitu thorium. Limbah ini menimbulkan dampak negative pada manusia dan lingkungan karena mempunyai toksitas yang tinggi dan mempunyai waktu paruh panjang. Ada beberapa pengolahan secara kimia harus dipertimbangkan penggunaan bahan kimia yang dapat menimbulkan pencemaran lingkungan. Sementara itu, proses secara fisika dapat dilakukan dengan evaporasi, penukar ion, namun memerlukan biaya cukup mahal dan tidak efektif. Beberapa tahun belakangan ini telah dikembangkan suatu metode alternative pengolahan limbah menggunakan proses elektrokoagulasi. Proses elektrokoagulasi merupakan gabungan dari proses elektrokimia dengan proses flokulasi-koagulasi[1]. Proses ini tergantung kepada penggunaan elektroda yang terbuat dari besi atau aluminium maupun logam lainnya[2,3]. Dalam proses elektro-koagulasi, elektroda besi atau aluminium akan membentuk koagulan yang digunakan untuk memisahkan kontaminan dalam limbah[4].

Upaya untuk menghasilkan ion logam yang berfungsi sebagai koagulan diperlukan perbedaan potensial diantara elektroda. Perbedaan potensial ini diperlukan untuk menimbulkan reaksi elektrokimia pada masing-masing elektroda[5]. Proses ini menggunakan reaksi reduksi dan oksidasi dimana ion positif (kation) bergerak ke katoda dan menerima elektron yang direduksi dan ion negatif (anion) bergerak ke anoda dan menyerahkan elektron yang dioksidasi[6,7]. Ketika hal ini diterapkan, ion logam yang dihasilkan bereaksi dengan hidrosida primer dan menghasilkan polihidrosida dan flok logam polihidrosida[2].

Pada penelitian ini dilakukan pengolahan limbah yang mengandung thorium dengan proses elektrokoagulasi. Kelebihan utama pemilihan metode ini yaitu karena tidak terdapat penambahan bahan kimia, mempunyai waktu kontak yang singkat, biaya operasional rendah dan bahan elektroda mudah didapat[8,9].

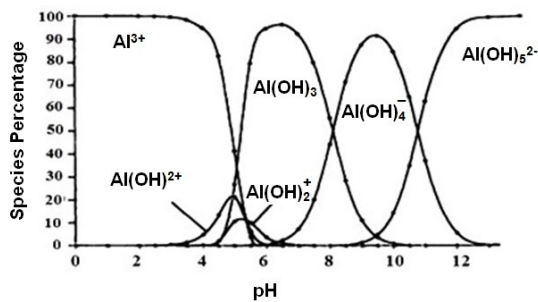
Proses elektrokoagulasi telah diaplikasikan pada penelitian sebelumnya diantaranya yaitu untuk menurunkan konsentrasi nikel (Ni) dan kromium (Cr) pada limbah electroplating[10], menurunkan konsentrasi Cr pada limbah industri sarung[11], filtrat hidrolisis limbah padat penyamakan kulit[12], pengolahan limbah laundry[13], menurunkan konsentrasi arsen (As) pada air tanah[14], pengolahan limbah cair industri minyak[15], pengolahan limbah cair pabrik kelapa sawit[16] dan pengolahan air yang mengandung polutan yaitu partikel tersuspensi, logam-logam berat, produk minyak bumi, warna pada zat pewarna, larutan humus dan deflouridasi air[5].

Parameter proses elektrokoagulasi meliputi jenis plat elektroda, temperatur, jarak antar elektroda[15], kuat tegangan[17], kuat arus[18], pH[10], konduktivitas, susunan elektroda[19] dan waktu kontak[13]. Penelitian ini difokuskan pada pengaruh pH terhadap proses elektrokoagulasi untuk menurunkan konsentrasi thorium.

TEORI

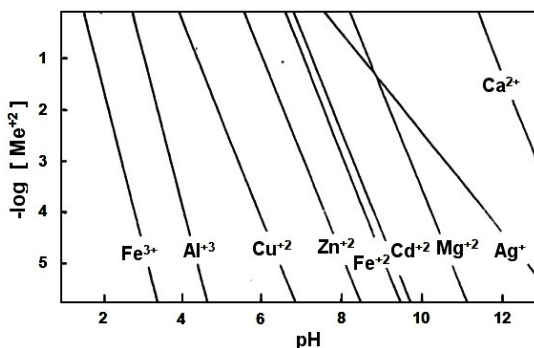
Proses elektrokoagulasi sangat bergantung pada pH larutan[10]. Dalam proses elektrokoagulasi terdapat tiga mekanisme utama yaitu presipitasi, adsorpsi dan koagulasi[8]. Pada pH rendah spesies logam umumnya pada anoda akan bergerak ke spesies anionik, dan akan terjadi penetralan muatan dan pengurangan kelarutan, proses ini disebut presipitasi [8]. Sementara itu, pada pH lebih dari 6,5 akan terjadi adsorpsi[20] dan koagulasi[8]. Umumnya ion logam akan terhidrolisis pada pH 7-9 untuk menghasilkan variasi kompleks logam hidrosida dan $M(OH)_3$ netral[20].

Menurut Lekhlif[10] berdasarkan spesies mononuklir, total aluminium yang dihasilkan pada masing-masing nilai pH dapat dijelaskan berdasarkan Gambar 1. Diagram distribusi menyajikan proses hidrolisis yang bergantung pada total konsentrasi logam dan pH. Dalam kondisi asam, dominansi spesies kation bebas Al^{3+} sekitar pH 3,5. Semakin meningkat pH maka menghasilkan perbedaan distribusi kompleks hidroksida monomer dan polimer seperti $Al(OH)^{2+}$, $Al(OH)_2^+$, $Al_2(OH)_2^{4+}$, $Al_6(OH)_{15}^{3+}$, $Al_7(OH)_{17}^{4+}$, $Al_8(OH)_{20}^{7+}$, $Al_{13}O_4(OH)_{24}^{7+}$, $Al_{13}(OH)_{34}^{5+}$.



Gambar 1. Distribusi spesies hidrolisis aluminium berdasar pH [10].

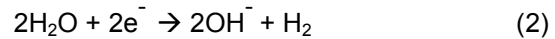
Begitu pula dengan menggunakan elektroda tembaga, pembentukan kompleks tembaga hidroksida terjadi pada rentang pH tertentu seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.



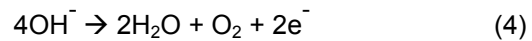
Gambar 2. Konsentrasi ion logam bebas dalam kesetimbangan dengan padatan oksida atau hidroksida [21]

Secara umum reaksi yang terjadi pada katoda dan anoda dapat dijelaskan sebagai berikut. Pada katoda terjadi reduksi

ion H^+ dari suatu asam menjadi gas hidrogen yang akan bebas sebagai gelembung-gelembung gas sesuai persamaan 1, sedangkan larutan yang mengalami reduksi adalah pelarut (air) dan terbentuk gas hidrogen (H_2) pada katoda yang ditunjukkan oleh persamaan 2.



Anoda terbuat dari logam akan teroksidasi yang secara umum ditunjukkan oleh persamaan (3), sedangkan ion OH^- dari basa akan mengalami oksidasi membentuk gas oksigen (O_2) yang ditunjukkan oleh persamaan (4).



Dari reaksi tersebut, pada anoda akan dihasilkan gas H_2 , buih dan flok logam hidroksida[7]. Flok yang terbentuk akan menjebak secara elektroionik terhadap logam atau kontaminan[1]. Ketika medan magnet diantara plat elektroda masih cukup besar, sistem ionik dari polutan limbah cenderung akan berkompeten membentuk suatu flok-flok dengan ukuran yang jauh lebih besar sehingga proses oksidasi pada plat anoda juga semakin besar[22].

Efisiensi penyisihan

Sampel yang telah diambil selama proses elektrokoagulasi dianalisis untuk diketahui besar konsentrasi thorium setelah proses, sehingga dapat dihitung besar efisiensi penyisihannya.

Kobyra[14] menyebutkan bahwa efisiensi penyisihan setiap parameter dihitung dengan persamaan 5.

$$Eff (\%) = \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100\% \quad (5)$$

dengan C_0 adalah konsentrasi sebelum proses elektrokoagulasi dan C_1 adalah konsentrasi sesudah proses elektrokoagulasi.

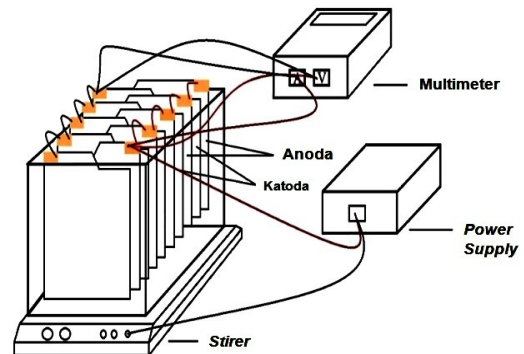
METODOLOGI

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah simulasi yang mengandung thorium dengan konsentrasi sebesar 439,274 ppm dan pH 5,54. Alat yang digunakan meliputi rangkaian alat elektrokoagulasi yang terdiri dari bak elektrokoagulator terbuat dari kaca dengan ukuran 22,5 × 14,5 × 20 cm, plat elektroda alumunium dan tembaga ukuran 20 × 20 cm dengan luas permukaan efektif 250 cm², kabel penghubung (kabel buaya), *stirrer*, adaptor, *power supply* DC, voltmeter digital, ammeter digital, alat-alat gelas laboratorium, pH meter AD1C00 dan spektrofotometer UV1800.

Proses elektrokoagulasi dilakukan secara *batch* dengan menggunakan elektroda alumunium sebagai katoda dan anoda. Elektroda ditimbang terlebih dahulu sebelum digunakan. Elektroda dihubungkan secara paralel menggunakan kabel penjepit buaya yang dihubungkan pada *power supply*. Tegangan dihubungkan secara paralel dan kuat arus dihubungkan secara seri. Proses elektrokoagulasi dilakukan pada tegangan 2 V selama 60 menit, pH, dan kuat arus sesuai kondisi. Sampel diambil setiap interval 5 menit. Setelah selesai, elektroda dilepas dari bak elektrokoagulator dan dicelupkan ke dalam larutan asam perklorat, kemudian dicuci dengan air, dikeringkan dan ditimbang. Pencucian ini bertujuan untuk menghilangkan residu yang menempel pada elektroda. Proses elektrokoagulasi diulang kembali menggunakan elektroda tembaga. Skema rangkaian alat elektrokoagulasi ditunjukkan pada Gambar 3.

Sampel limbah diambil sebanyak 2 mL dalam labu ukur 25 mL. Kemudian ditambahkan 1 mL larutan asam oksalat, 2 mL larutan arsenazo III 0,2% dan diatur sampai pH 3 (larutan HNO₃ dan NaOH). Larutan ditandabatkan dengan aquades dan dibiarkan selama 30 menit agar pembentukan kompleks sempurna. Larutan dimasukkan ke dalam kuvet dan diukur

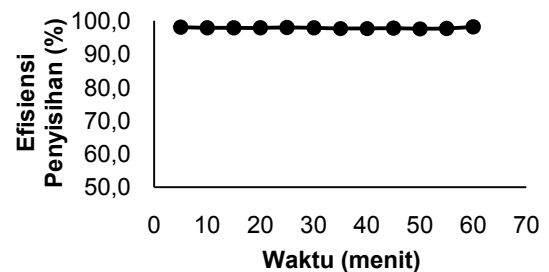
menggunakan spektrofotometer UV-Vis dengan panjang gelombang 665 nm, sehingga dihasilkan besar penurunan konsentrasi proses elektrokoagulasi.



Gambar 3. Rangkaian alat elektrokoagulasi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil efisiensi penyisihan proses elektrokoagulasi menggunakan elektroda alumunium disajikan pada Gambar 4.

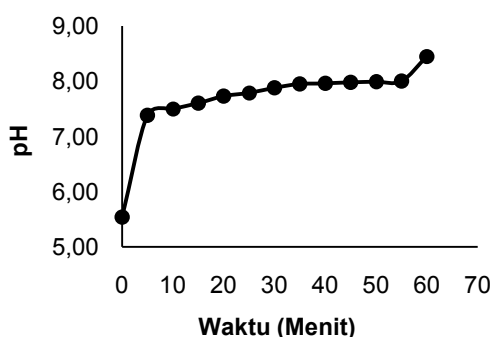


Gambar 4. Efisiensi penyisihan proses elektrokoagulasi menggunakan elektroda alumunium.

Dari Gambar 4 dapat diketahui bahwa efisiensi penyisihan proses elektrokoagulasi telah menunjukkan hasil yang baik pada menit ke 5 yaitu sebesar 98,06% dengan konsentrasi Th berkurang dari 439,274 ppm menjadi 8,503 ppm. Diatas waktu 5 menit terjadi penurunan efisiensi penyisihan meskipun tidak signifikan. Hal ini terjadi karena terbentuknya lapisan Al₂O₃ pada anoda akan membuat reaksi oksidasi pada anoda terhambat, lapisan tersebut mencegah pelarutan logam dan transfer electron pada anoda sehingga ion Al³⁺ yang dihasilkan di anoda berkurang yang berdampak efisiensi proses elektrokoagulasi menurun.

Dari pengaruh waktu dapat diketahui bahwa waktu terbaik yang menghasilkan efisiensi penurunan konsentrasi thorium adalah 5 menit. Hal ini terjadi karena semakin lama waktu maka aluminium yang terlarut semakin banyak, sehingga pembentukan $\text{Al}(\text{OH})_3$ dalam proses koagulasi semakin meningkat yang menyebabkan jumlah kompleks yang mengikat kontaminan semakin banyak, sehingga efisiensi penurunan kontaminan semakin baik. Hal ini disebabkan karena terjadi kejenuhan pada elektroda. Ketika tegangan dialirkan ke dalam larutan, proses elektrokoagulasi berjalan secara terus-menerus memungkinkan jumlah flok $\text{Al}(\text{OH})_3$ semakin bertambah. Jumlah flok semakin bertambah membuat sebagian flok menutupi plat elektroda dan menghalangi kemampuan elektroda untuk menarik ion thorium dalam limbah, sehingga terjadi penurunan kuat medan magnet yang berdampak kepada terjadinya penurunan efisiensi proses elektrokoagulasi

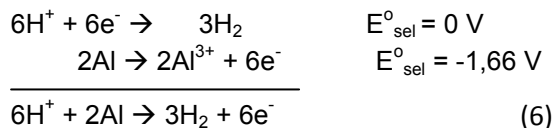
Menurut peneliti Lekhlif, dkk proses elektrokoagulasi sangat bergantung pada pH larutan[10]. Pada penelitian ini diketahui pH awal sebesar 5,54, pH diukur pada setiap interval waktu 5 menit untuk masing-masing sampel dan hasil pengukuran pH disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. pH proses elektrokoagulasi dengan elektroda aluminium

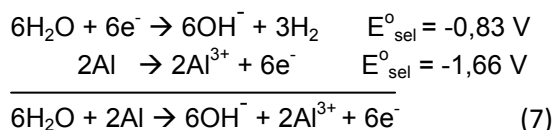
Gambar 5 menunjukkan bahwa selama proses elektrokoagulasi, pH larutan mengalami perubahan dan cenderung semakin meningkat pada setiap waktu. Hal ini disebabkan karena pada kondisi asam

katoda Al akan mengalami reduksi asam menghasilkan gas H_2 , sedangkan anoda aluminium akan mengalami oksidasi menghasilkan ion Al^{3+} sesuai persamaan (6).



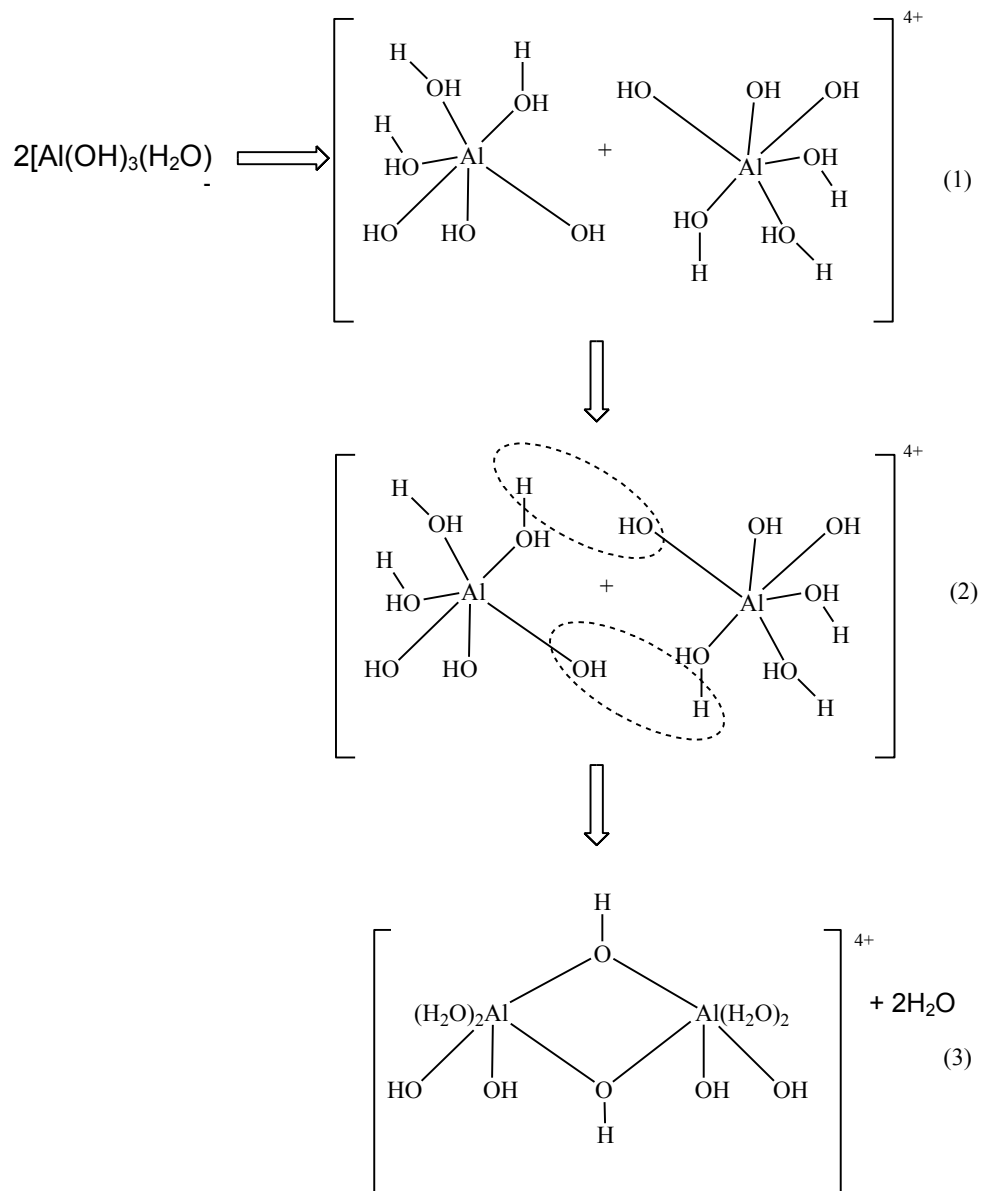
Adanya gas H_2 yang dihasilkan membuat ion hidroksida yang mengikat polutan dalam limbah menjadi senyawa yang tidak larut dan mengalami pengapungan ke permukaan reaktor[22] atau terjadi flotasi elektrolitik[23].

Pada kondisi ini koagulan belum terbentuk, namun apabila hasil pada Gambar 4 dihubungkan dengan Gambar 5, efisiensi penyisihan sudah terlihat tinggi pada menit awal proses berlangsung. Hal ini dapat dijelaskan dengan hasil yang diperoleh pada Gambar 3, bahwa pada menit ke 5 pH meningkat secara signifikan mencapai pH 7,38 dan data selengkapnya ditunjukkan pada Tabel 1. Kondisi ini menyebabkan reaksi yang terjadi pun berubah sesuai persamaan (7).



Ion Al^{3+} yang terbentuk berikatan dengan ion OH^- dari katoda sehingga terbentuk koagulan sesuai persamaan (7). Hal ini sesuai dengan pustaka [20,8] bahwa pada pH lebih dari 6,5 terjadi adsorpsi dan koagulasi. Berdasarkan pendapat peneliti Daneshvar [24], kompleks $[\text{Al}(\text{OH})_3(\text{H}_2\text{O})_3]$ dibentuk oleh terhubungnya polimer hidroksi menjadi partikel tersuspensi. Kombinasi aluminium hidroksida dalam variasi kompleks permukaan terdiri dari daerah yang bermuatan positif dan negatif serta muatan oposisi yang bersifat menarik, dimana daerah tersebut cukup kuat untuk menghilangkan spesies yang terlarut dan ion dalam fasa larutan. Mekanisme reaksi pembentukan koagulan dapat dijelaskan oleh Gambar 6.

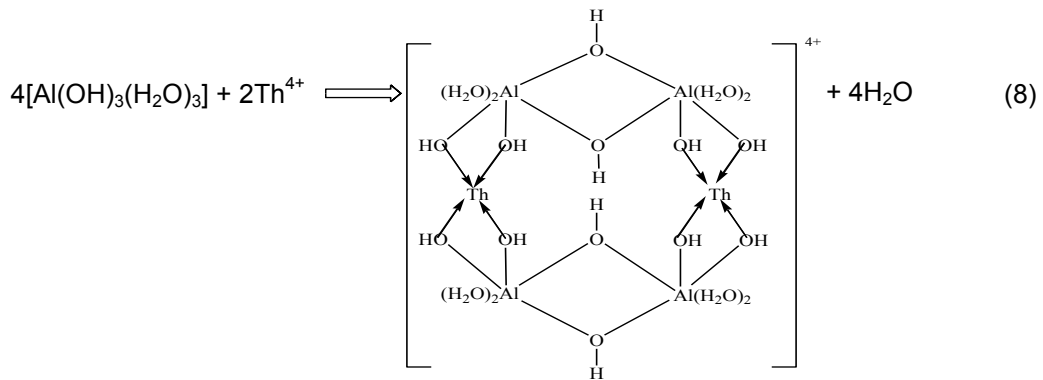
(Prayitno, Vemi Ridantami, Indah Muji Mulyani)



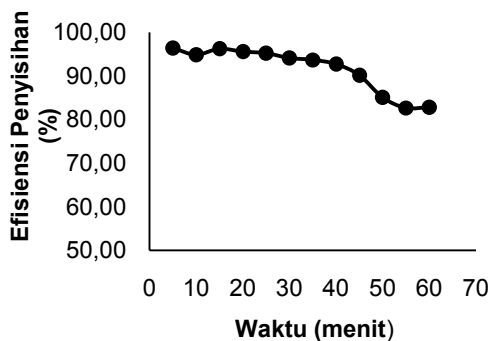
Gambar 6. Mekanisme pembentukan koagulan

Koagulan yang terbentuk berfungsi untuk mengikat thorium. Reaksi tersebut dapat dijelaskan sesuai persamaan (8). Pada persamaan (8) diketahui bahwa kompleks koagulan terdiri dari ion logam Al sebagai atom pusat dan mengikat 6 ligan yang terdiri dari 3 ligan H_2O dan 3 ligan OH. Thorium terikat oleh gugus OH pada koagulan dengan membentuk ikatan kovalen koordinasi dimana pada gugus OH, atom O memiliki pasangan elektron bebas yang akan mengisi orbital Th yang kosong.

Berdasarkan Gambar 5 dan persamaan (6 dan 7), dapat diketahui bahwa reduksi H^+ terjadi sangat cepat sekitar 3 menit yang ditunjukkan pH meningkat dari 5,54 menuju 7, kemudian terjadi reduksi air pada pH yang semakin meningkat dari 7 sampai >7, dimana pada kondisi ini koagulan $\text{Al}(\text{OH})_3$ mulai terbentuk. Oleh karena rasio thorium dan koagulan berbeda jauh, koagulan yang terbentuk masih sedikit dan jumlah thorium dalam limbah cukup banyak maka efisiensi penyisihan terjadi paling besar pada menit ke 5.

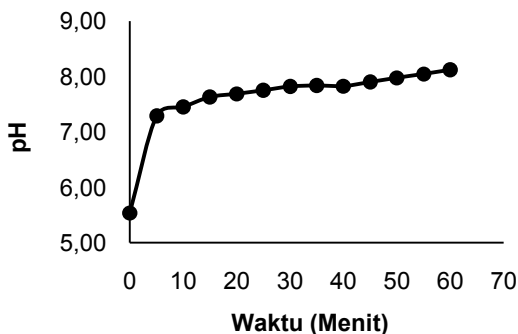


Proses elektrokoagulasi dengan elektroda Cu-Cu menghasilkan efisiensi penyisihan sebesar 96,35%, terjadi penurunan konsentrasi Th dari 439,274 ppm menjadi 16,015 ppm pada menit ke 5 seperti yang disajikan pada Gambar 7. Terjadi penurunan dan peningkatan pada rentang waktu 10 sampai 15 menit, kemudian cenderung menurun selama proses elektrokoagulasi berlangsung.



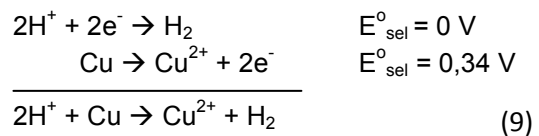
Gambar 7. Efisiensi penyisihan proses elektrokoagulasi menggunakan elektroda tembaga

Hasil pengukuran pH pada proses elektrokoagulasi disajikan pada Gambar 8.

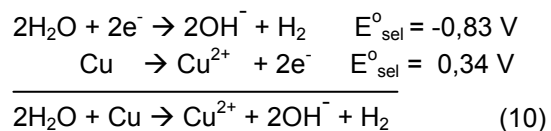


Gambar 8. pH proses elektrokoagulasi dengan elektroda tembaga

Reaksi yang terjadi pada katoda yaitu reduksi asam dan ion Cu^{2+} , karena larutan bersifat asam dan elektroda tembaga bersifat aktif tereduksi sehingga menghasilkan larutan berwarna biru. Pada anoda terjadi oksidasi ion Cu. Pada saat pH asam (pH awal 5,54) terjadi reduksi air oleh katoda dan oksidasi tembaga pada anoda sesuai persamaan (9) dan pada kondisi ini koagulan belum terbentuk.



Pada saat pH naik menjadi lebih basa (sesuai penelitian pH naik menjadi 7,29 pada menit ke 5) maka reaksi yang terjadi adalah reduksi air pada katoda, meskipun reduksi tembaga tetap terjadi. Pada anoda proses oksidasi tembaga terjadi semakin besar sesuai dengan Gambar 2, konsentrasi ion bebas Cu dalam kesetimbangan dengan padatan hidroksida terjadi pada rentang $6 > \text{pH} < 8$, sehingga reaksi yang terjadi sesuai persamaan 10.



Pada kondisi ini koagulan $\text{Cu}(\text{OH})_2$ telah terbentuk. Mekanisme terjadinya reaksi pembentukan koagulan sama dengan yang telah dijelaskan pada Gambar 6 dan persamaan 8.

Hal ini menunjukkan bahwa dengan meningkatnya pH pada menit ke 5 meningkat pula pembentukan koagulan, sehingga berdasar pada Gambar 7 efisiensi penyisihan proses elektrokoagulasi cukup tinggi pada menit ke 5.

Besar pH dan hasil efisiensi penyisihan proses elektrokoagulasi disajikan pada Tabel 1. Dari Tabel 1 dapat diketahui bahwa apabila dibandingkan proses elektrokoagulasi menggunakan elektroda aluminium dengan tembaga maka efisiensi penyisihan yang diperoleh menggunakan elektroda aluminium lebih tinggi. Hal ini dapat dijelaskan bahwa pada menit ke 5 kenaikan pH dengan elektroda aluminium lebih besar. Pada kondisi asam, Al mudah larut dan kenaikan pH menyebabkan meningkatnya ion OH^- , sehingga koagulan terbentuk lebih besar.

Tabel 1. Hubungan pH dengan efisiensi penyisihan

Waktu (menit)	pH (Al-Al)	Efisiensi penyisihan (%)	pH (Cu-Cu)	Efisiensi penyisihan (%)
5	7,38	98,06	7,29	96,35
10	7,50	97,89	7,45	94,84
15	7,60	97,88	7,63	96,22
20	7,73	97,86	7,69	95,56
25	7,79	97,99	7,75	95,19
30	7,88	97,85	7,82	94,08
35	7,95	97,72	7,84	93,69
40	7,96	97,75	7,83	92,68
45	7,98	97,76	7,90	90,12
50	7,99	97,65	7,98	85,07
55	8,00	97,68	8,05	82,68
60	8,45	98,15	8,12	82,78

Pada proses elektrokoagulasi menggunakan elektroda tembaga pada menit ke 5 selain terjadi reduksi air juga terjadi reduksi ion Cu, sedangkan pada anoda berdasarkan Gambar 2, ion Cu mudah larut pada pH yang lebih basa. Oleh karena produksi ion Cu^{2+} tidak sebanyak Al,

maka pembentukan koagulan $\text{Cu}(\text{OH})_2$ juga akan lebih sedikit.

Berdasarkan Tabel 1, hasil efisiensi penyisihan mengalami peningkatan dan penurunan selama proses elektrokoagulasi. Hal ini disebabkan oleh faktor pasivitas plat. Pasivitas plat yaitu elektroda yang telah mengalami kejenuhan oleh adanya flok yang menempel pada permukaan plat, sehingga akan menghambat pembentukan ion logam oleh anoda dan OH^- oleh katoda. Menurunnya ion Al^{3+} , Cu^{2+} atau OH^- mengakibatkan semakin sedikit pula koagulan yang terbentuk.

Menurut pendapat Ridantami [23] *et al.*, flok yang terbentuk semakin banyak dan saling bertumbukan yang menyebabkan berat jenis flok meningkat sehingga sebagian akan jatuh dan membentuk endapan. Oleh karena flok semakin lama akan jatuh, dan permukaan elektroda lebih aktif kembali. Hal ini ditunjukkan oleh naik turunnya efisiensi penyisihan selama proses elektrokoagulasi berlangsung.

Selain pasivitas plat, proses pengadukan juga mempengaruhi hasil efisiensi penyisihan. Proses pengadukan mengakibatkan larutan menjadi homogen dan semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk proses elektrokoagulasi karena terbentuk koagulan dan flok yang semakin banyak, hal ini dibuktikan dengan semakin keruhnya larutan dalam elektrokoagulator. Oleh karena pengadukan tetap dilakukan sehingga flok yang terendapkan pun ikut kembali bercampur dengan larutan (homogen) sehingga proses *sampling* dapat dilakukan dengan benar.

SIMPULAN

Besarnya pH sangat berpengaruh terhadap pembentukan koagulan ion thorium sehingga mempengaruhi besar efisiensi penyisihan ion thorium yang dihasilkan. Efisiensi penyisihan proses elektrokoagulasi ion thorium menggunakan elektroda aluminium diperoleh sebesar 98,06% pada

menit ke 5 dengan nilai pH 7,38, sedangkan dengan menggunakan elektroda tembaga diperoleh sebesar 96,35% pada menit ke 5 dengan pH 7,29. Kondisi proses yang paling optimal diperoleh pada saat menggunakan elektroda aluminium dengan parameter pH sebesar 7,38 dan waktu 5 menit dengan efisiensi sebesar 98,06%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada DIPA PSTA-BATAN 2016-2017 Yogyakarta, Imam Prayogo, S.T dan semua SDM yang ada di lingkungan laboratorium Pengelolaan Limbah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Prayitno dan E. Kismolo, "Percobaan awal proses elektrokoagulasi sebagai metode alternatif pada pengolahan limbah cair," *Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Penelitian Dasar Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir 2012*. BATAN, Yogyakarta.
- [2] Y. Tian, W. He, X. Zhu, N. Ren, B.E. Logan, "Energy efficient electrocoagulation using an air breathing cathode to remove nutrients from wastewater," *Chemical Engineering Journal*, vol. 292, pp.308-314, 2016.
- [3] Z. Liu, D. Stromberg, X. Liu, W. Liao, Y. Liu, "A new multiple-stage electrocoagulation process on anaerobic digestion effluent simultaneously reclaim water and clean up biogas," *Journal of Hazardous Materials*, vol. 285, pp. 483-490, 2015.
- [4] M. Kobya, O.T Can, M. Bayramoglu, "Treatment of textile wastewaters by electrocoagulation using iron and aluminium electrodes," *Journal of Hazardous Material*, vol. B100, pp.163-178, 2003.
- [5] K.R. Trapsilasiwi dan A.F. Assomadi, "Aplikasi elektrokoagulasi menggunakan pasangan elektroda aluminium untuk pengolahan air dengan sistem kontinyu," *Makalah Jurusan Teknik Lingkungan*, FTSP ITS, 2010.
- [6] D. Ashari, Budianta, D. Setiabudidaya, "Efektivitas elektroda pada proses elektrokoagulasi untuk pengolahan air asam tambang," *Jurnal Penelitian Sains MIPA Universitas Sriwijaya*, vol.17, hal.45-50, 2015.
- [7] R. Susetyaningsih, E. Kismolo, Prayitno, "Kajian proses elektrokoagulasi untuk pengolahan limbah cair," *Seminar Nasional IV Teknologi Nuklir*, 25-26 Agustus 2008. BATAN Yogyakarta.
- [8] A. Akyol, O.T. Can, E. Demirbas, M. Kobya, "A comparative study of electrocoagulation and electro-fenton for treatment of wastewater from liquid organic fertilizer plant," *Separation and Purification Technology Journal*, vol.112, pp.11-29, 2013.
- [9] K. Thirugnanasambandham, V. Sivakumar, J.P. MARAN, "Optimization of electrocoagulation process to great biologically pretreated bagasse effluent," *Journal of the Serbian Chemical Society*, vol. 78, pp. 613-626, 2013.
- [10] B. Lekhlif, L. Oudrhiri, F. Zidane, P. Drogui, J.F. Blais, "Study of the electrocoagulation of electroplating industry wastewaters charged by nickel (II) and chromium (VI)," *Journal Material Environment Sciences*, vol. 5, no.1, hal.111-120, 2014.
- [11] Y. Kartika, A.S Panggabean, R. Gunawan, "Penurunan konsentrasi ion logam kromium pada limbah industri sarung samarinda dengan menggunakan metode elektrokoagulasi," *Jurnal Kima Mulawarman*, vol. 13, no.1, hal. 45-49, 2015.
- [12] N.C. Wahyulis, I. Ulfin, Harmami, "Optimasi tegangan pada proses elektrokoagulasi penurunan konsentrasi kromium dari filtrat hasil hidrolisis"

- limbah padat penyamakan kulit,” *Jurnal Sains dan Seni Pomits*, vol.3, no.2, hal.2337-3520, 2014.
- [13] B. Rachmawati, Y. Surya, M. Mirwan “Proses elektrokoagulasi pengolahan limbah laundry”, *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, vol. 6, hal.15-22, 2014.
- [14] M. Kobya, E. Demirbas, M.S. Oncel, Y. Yildirim, E. Sik, A.Y. Goren, A. Akyol, “Modeling and optimization of arsenite removal from groundwater using Al ball anodes by electrocoagulation process,” *Journal of Selcuk University Natural and Applied Sciences Online ISSN: 2147-3781 803-811*, 2014.
- [15] A.A. Cerqueira, M.R. Marquez, “New technologies in the oil and gas industry,” Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2012, Brazil.
- [16] F. Hanum, R. Tambun, M.Y. Ritonga, W.W. Kasim, “Aplikasi elektrokoagulasi dalam pengolahan limbah cair pabrik kelapa sawit,” *Jurnal Teknik Kimia USU*, vol. 4, no. 4, hal. 13-17, 2015.
- [17] E. Bazrafshan, K.A. Ownaghi, A.H. Mahvi, “Application of electrocoagulation process using iron and aluminum electrodes for fluoride removal from aqueous environment,” *e-Journal of Chemistry*, vol. 9, no. 4, pp. 2297-2308, 2012.
- [18] R.F. Kurniasih, R. Gunawan, A.S. Panggabean, “Aplikasi metode elektrokoagulasi terhadap penurunan konsentrasi ion logam Fe dan Mn, kekeruhan serta warna pada pengolahan air gambut secara batch,” *Jurnal Atomik*, vol. 1, no.1, hal. 42-46, 2016.
- [19] V. Khandegar, A.K. Saroha, “Electrocoagulation for The treatment of textile industry effluent: A review,” *Journal of Environmental Management*, vol. 128, hal. 949-963, 2013.
- [20] A.M.H. Elnenay, E. Naseef, G.F. Malash, M.H.A. Magid, “Treatment of drilling fluids wastewater by electrocoagulation,” *Egyptain Journal of Petroleum*, vol. 5, hal. 1-6, 2016.
- [21] T.F. Yen, Environmental chemistry: Chemical principles for environmental processes volume 4B. Prentice Hall PTR Environmental Management & Engineering Series, America, 1999.
- [22] V. Ridantami, B. Wasito, Prayitno, “Pengaruh tegangan dan waktu pada pengolahan limbah radioaktif uranium dan thorium dengan proses elektrolisis,” *Jurnal Forum Nuklir*, vol.12, no. 2, hal.102-107, 2016.
- [23] N. Daneshvar, A. Habib, R. Rohan, “Pretreatment of brackish water using DC-electrocoagulation method and optimization,” *Journal Chemistry & Chemistry Engineering*, vol. 2, no. 1, hal.13-20, 2002.

