

# PENGGUNAAN METODA ELEKTRODIALISIS DALAM PEMISAHAN URANIUM DARI EFLUEN PROSES

Hendro Wahyono, Ghaib Widodo, Sunardi

Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir-BATAN  
Kawasan Puspiptek, Serpong-Tangerang Selatan  
Alamat e-mail : hendrowo@yahoo.com

## ABSTRAK

Penggunaan metoda elektrodialisis dalam pemisahan uranium dari Efluen proses. Percobaan pemisahan uranium dari efluen melalui proses elektrodialisis telah dilakukan. Pada pemisahan uranium tersebut digunakan membran tukar ion. Tujuan percobaan ini dilakukan untuk mengambil uranium dari efluen yang masih memiliki kadar uranium cukup tinggi yaitu di atas 50 ppm. Percobaan dilakukan di dalam sel elektrolitik dua bilik anoda dan katoda yang terbuat dari bahan flexiglass. Membran tukar ion diselipkan di antara dua bilik. Uranium dapat dipisahkan dari efluen proses hingga 100% pada tegangan 3,5 volt selama 3,67 jam. Pada proses elektrodialisis untuk memisahkan uranium berkadungan Fluor memberikan hasil berupa penurunan Fluor hingga 78%.

*Kata Kunci : efluen, elektrodialisis, membran tukar ion, anoda, katoda*

## ABSTRACT

*Use of electrodialysis method in the separation of uranium from the process effluent. Uranium separation experiments of effluent through the process of electrodialysis process has been carried out. On uranium separation using ion exchange membrane The purpose of this experiment carried out to retrieve uranium from process effluent is still high enough levels of > 50 ppm. Because the world uranium prices are high enough, it still has a high economic value to be taken back. The experiments were conducted in the two-chamber electrolytic cell anode and cathode are made of materials flexiglass. Ion exchange membrane is inserted between the two chambers. Uranium can be separated from the effluent process up to nearly 100% at a voltage 3.5 volts for 3.67 hours. Fluorine content can be reduced by 78% and 65% of the effluent berkadungan fluorine. Uranium that has been separated from the effluent is expected to be re-used as bait ready for use.*

*Key words: effluent, electrodialysis, ion exchange membrane, anode, cathode*

## PENDAHULUAN

Kegiatan penelitian yang dilakukan di Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir (PTBN) senantiasa menimbulkan efluen yaitu larutan yang masih mengandung uranium di atas 50 ppm. Efluen timbul dari beberapa proses diantaranya pelarutan, ekstraksi, dan analisis kimia. Untuk dapat terpenuhinya nilai ekonomi dan akuntabilitas bahan nuklir, maka uranium yang terkandung di dalam efluen harus dipungut kembali melalui proses pemisahan. Beberapa metoda yang pernah dilakukan untuk memisahkan uranium dalam efluen diantaranya : pengendapan menggunakan ammonium karbonat,  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ <sup>[1]</sup>, pengendapan menggunakan peroksida,  $\text{H}_2\text{O}_2$ <sup>[2]</sup>, penyerapan menggunakan resin (pertukaran ion) dengan pH stabil<sup>[2]</sup> dan penyerapan menggunakan resin termodifikasi (*chelating resin*)<sup>[3]</sup>. Pemisahan uranium dalam efluen dengan menggunakan metoda tersebut di atas memerlukan proses yang cukup panjang.

Metoda alternatif untuk memisahkan uranium yaitu elektrodialisis dengan menggunakan membran tukar ion. Pada saat ini penggunaan metoda elektrodialisis masih banyak digunakan, karena lebih strategis dibandingkan dengan teknologi pemisahan lain.

Metoda elektrodialisis pernah dilakukan oleh peneliti terdahulu untuk memisahkan uranium dari berbagai basis keasaman yaitu asam klorida<sup>[4]</sup> dan sulfat<sup>[5]</sup>. Penelitian ini dilakukan pada efluen hasil proses yang berbasis asam nitrat dan fluorida. Metoda elektrodialisis dapat memperpendek proses pada pemisahan uranium dibandingkan metoda lain.

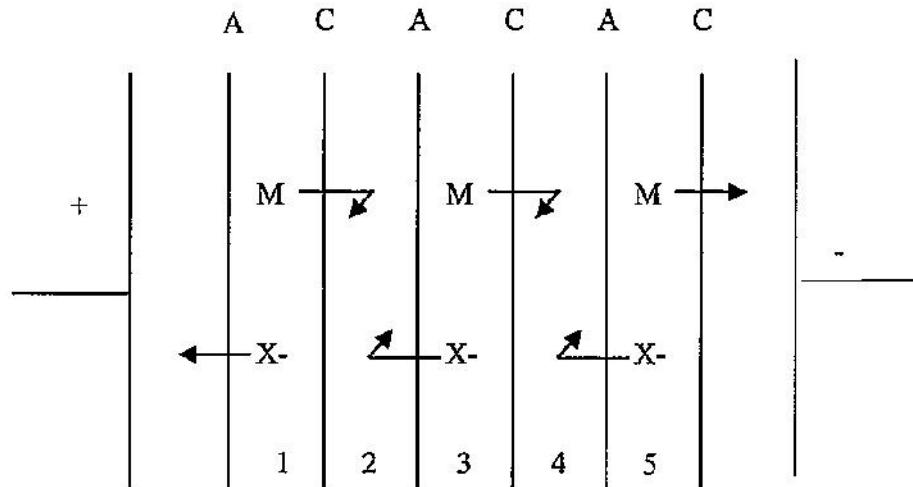
Pada proses elektrodialisis, terjadi proses perpindahan ion dari satu larutan ke larutan yang lain akibat pengaruh medan listrik DC. Proses perpindahan ion-ion tersebut dilakukan di dalam suatu sel elektrolitik yang terdiri dari beberapa bilik (anoda dan katoda) dan dipisahkan oleh membran tukar ion.

Dalam tulisan ini akan dibahas mengenai hasil-hasil proses pemisahan uranium melalui proses elektrodialisis dengan tujuan mencari teknologi alternatif untuk menurunkan kadar uranium dalam efluen proses sehingga dapat terpenuhi akuntabilitas bahan nuklir dan kepentingan penelitian.

## TEORI

Proses elektrodialisis diperkenalkan pertama kali pada tahun 1940<sup>[6]</sup> di dalam sel multi bilik. Dalam sel multi bilik digunakan beberapa membran yang diselipkan diantara bilik-bilik tersebut. Pada Gambar 1 ditunjukkan sel multi bilik menggunakan membran tukar anion (A) dan membran tukar kation (C). Ketika potensial DC dialirkan kation  $\text{M}^+$  akan bergerak menembus membran tukar kation ke arah katoda. Sementara anion  $\text{X}^-$  akan bergerak menembus membran tukar anion ke arah anoda.





**Keterangan :** A = Membran tukar anion, C = Membran tukar kation  
 $M^+$  = anion,  $X^-$  = kation

Gambar 1. Sel Multi bilik menggunakan membran tukar anion dan kation

Pada proses elektrodialisis di dalam sel elektrolitik yang terdiri dari dua bilik akan terjadi proses reduksi kimia. Pada bilik katoda akan terjadi reduksi  $UO_2^{2+}$  menjadi  $U^{4+}$ , dengan reaksi sebagai berikut<sup>[7]</sup>:

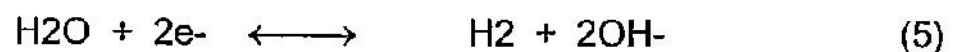
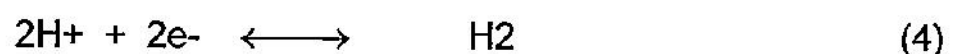


Sedang pada anoda, hanya terjadi reaksi pembentukan oksigen dari  $H_2O$  dalam suasana asam nitrat seperti reaksi berikut :

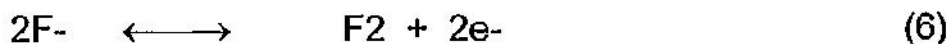


Reaksi redoks pada proses pemisahan uranium dari efluen berkeandungan fluor berlangsung seperti berikut<sup>[6]</sup> :

- a. Pada bilik katoda akan terjadi pembentukan Na dari ion  $Na^+$  dan gas  $H_2$  dari ion  $2H^+$  dan  $H_2O$  dengan reaksi :



- b. Pada bilik anoda terjadi oksidasi fluor yang berhasil menerobos membran tukar anion dari bilik katoda ke bilik anoda dan gas  $O_2$  dengan reaksi :



Selama reaksi, ion  $F^-$  pada bilik anoda akan semakin bertambah karena adanya migrasi dari bilik katoda. Tetapi pada saat yang sama ion  $F^-$  pada bilik anoda tersebut akan berubah menjadi gas  $F_2$  seperti reaksi (7).

Proses elektrodialisis dilakukan di dalam sel elektrolitik yang terdiri dari beberapa bilik (anoda dan katoda) dan dipisahkan oleh membran tukar ion (kation dan anion). Sel elektrolitik yang digunakan untuk proses elektrodialisis memiliki beberapa tipe, antara lain<sup>[8]</sup> :

1. Sel yang terdiri dari dua bilik dengan satu membran yang diselipkan di tengahnya. Sel tipe tersebut digunakan untuk melakukan proses redoks dan reaksi-reaksi asam-basa.
2. Sel yang terdiri dari tiga bilik dengan dua membran yang diselipkan di antara bilik. Sel tipe tersebut juga digunakan untuk proses redoks, tetapi larutan yang diumpankan dipisahkan dari kedua bilik (anoda dan katoda).
3. Sel multi bilik dengan beberapa membran yang diselipkan di antara bilik-bilik. Sel tipe tersebut digunakan untuk fraksinasi ion, operasi pengenceran dan reaksi matematik.

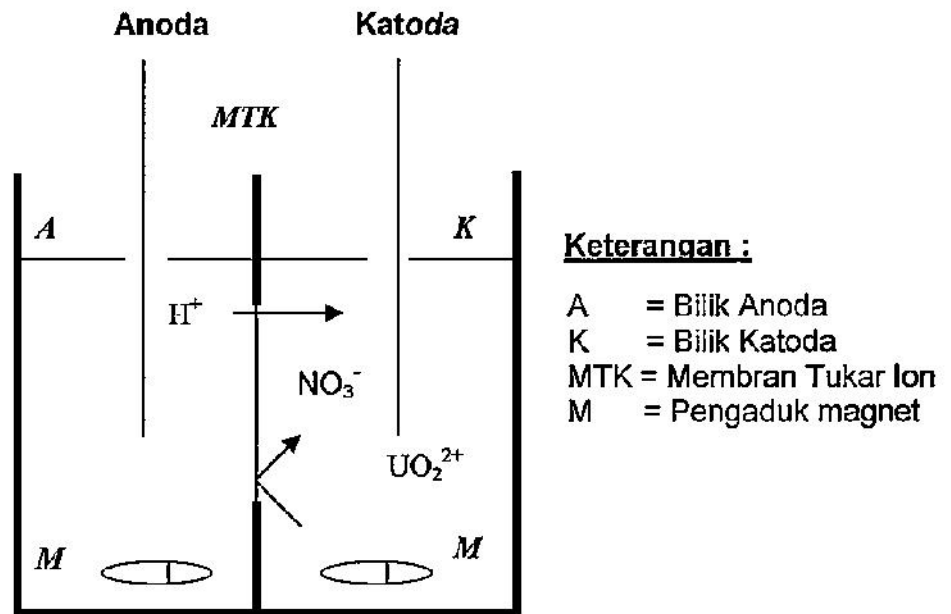
Membran tukar ion yang digunakan dalam proses elektrodialisis dapat dilakukan secara kontinu dengan biaya rendah (ekonomis), dalam operasinya membran dapat juga dirangkaikan dengan peralatan lain yang bersifat *non destructive* dan ramah lingkungan (strategis). Membran tukar ion terdiri atas selembur tipis bahan tukar ion yang memiliki beberapa persyaratan diantaranya<sup>[8]</sup>:

- Selektivitas terhadap jenis ion (kation dan anion) tinggi
- Konduktivitas listrik tinggi, dan
- Permeabilitas air rendah

## METODOLOGI

Percobaan pemisahan uranium dilakukan di dalam sel dua bilik dengan membran tukar ion diletakkan di antara dua bilik anoda dan katoda. Larutan uranil diletakkan di dalam bilik katoda, sedang bilik anoda berisi larutan elektrolit. Elektroda diletakkan pada bilik katoda dan anoda. Ketika potensial DC diberikan kepada kedua elektroda, maka ion  $H^+$  dalam bilik anoda akan cenderung bergerak ke arah katoda. Ion-ion tersebut mampu menembus membran dan bereaksi dengan  $OH^-$  dalam bilik katoda dan membentuk  $H_2O$ , sehingga jumlah elektrolit di ruang katoda akan bertambah banyak. Pada penggunaan membran tukar kation, uranium akan tetap tertinggal di bilik katoda. Sementara pengotor berupa anion akan menembus membran dan bermigrasi ke bilik anoda. Proses elektrolisis dilakukan pada tegangan 3 hingga 5 volt. Hasil elektrodialisis dicuplik setiap 20 dan 30 menit dan dianalisa kandungan uraniumnya. Sel dua bilik dengan menggunakan membran tukar ion diperlihatkan pada Gambar 2.





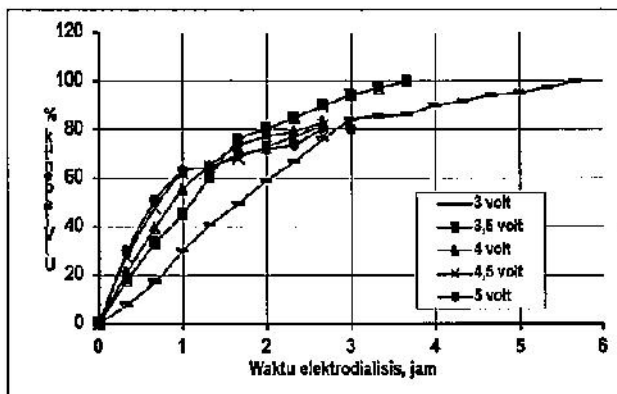
Gambar 2. Sel dua bilik menggunakan membran tukar ion

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pemisahan uranium dari efluen proses<sup>[9]</sup>

Pada penggunaan proses elektrodialisis pada pemisahan uranium dari efluen proses berbasis asam nitrat, digunakan sebuah lempeng karbon berukuran 3,6 cm sebagai katoda dan lempeng Pt berukuran 3,8 cm sebagai anoda. Kondisi proses yang dicoba efluen berkonsentrasi 50 ppm dan asam nitrat 1,4 M sebagai larutan elektrolit. Hidrazin sulfat sebanyak 0,816 gram ditambahkan ke dalam efluen sebagai stabilisator larutan U(IV) yang dihasilkan. Potensial DC yang digunakan berkisar 3,0; 3,5; 4,0; 4,5; dan 5 volt. Pengaruh potensial DC ditandai dengan bertambahnya konsentrasi U(IV) dan perubahan warna larutan kuning menjadi hijau.

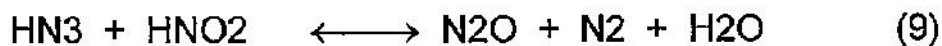
Hasil larutan diamati sebagai fungsi waktu. Pengaruh tegangan terhadap pembentukan U(IV) ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 3. Pengaruh waktu elektrodialisis terhadap reduksi U(VI) menjadi U(IV)

Gambar 3 menunjukkan pada potensial 3,5 volt terjadi pembentukan ion U(IV) hingga 100% dengan waktu 3,67 jam yang ditandai dengan terjadinya perubahan warna pada larutan. Larutan uranil nitrat yang berwarna kuning berangsur-angsur berubah menjadi hijau tua. Waktu tersebut relatif lebih pendek dibanding dengan potensial 3 volt yang dicapai dalam waktu 5,67 jam.

Pada potensial berturut-turut 4; 4,5 dan 5 volt, konversi uranil nitrat menjadi larutan U(IV) tidak dapat mencapai 100%. Hal itu ditandai dengan adanya perubahan kembali warna hijau tua menjadi kuning sebelum proses elektrodialisis berakhir. Hal ini mungkin diakibatkan hidrazin sulfat habis bereaksi dengan HNO<sub>2</sub> hasil reaksi sehingga larutan U(IV) menjadi tidak stabil dan mudah teroksidasi kembali menjadi uranil, seperti reaksi (8) dan (9) berikut<sup>[10]</sup> :

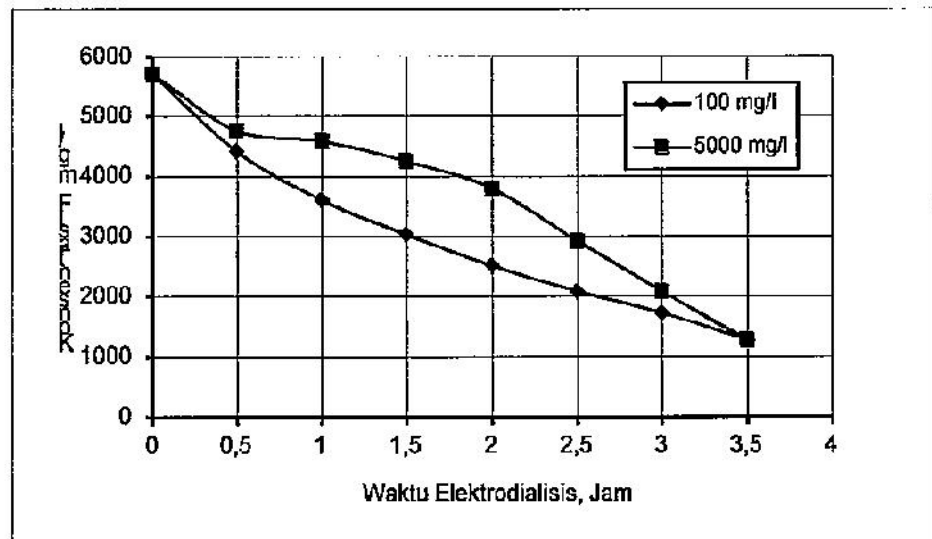


**Pemisahan uranium dari efluen ber kandungan fluor<sup>[11]</sup>**

Proses elektrodialisis dilakukan juga untuk memisahkan fluor dari larutan uranil fluorida. Campuran larutan NaF 0,3 M (5.698 mg/l) dengan larutan uranil nitrat (konsentrasi 100 dan 5.000 mg U/l) dilakukan pada tegangan 14 volt menggunakan elektroda Pt dan C. Pencuplikan sampel pada katolit dan anolit dilakukan setiap 30 menit untuk diamati jumlah fluor yang bermigrasi.

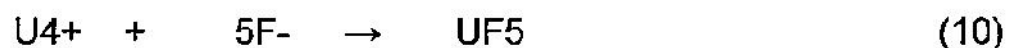
Hasil pengurangan dan penambahan fluor pada katolit ditunjukkan pada Gambar 5.





Gambar 4. Pengurangan konsentrasi *fluor* dalam katolit

Gambar 4 menunjukkan bahwa kandungan fluor yang terdapat di dalam katolit mengalami penurunan sekitar 78% dalam waktu 3,5 jam baik pada konsentrasi uranium 100 mg U/l maupun 5000 mg U/l. Pada Gambar 5 dapat dilihat bahwa prosentase penurunan kandungan Fluor tidak bisa maksimal hingga 100%. Hal ini mungkin disebabkan adanya senyawa kompleks antara uranium dengan *fluor* dan diikat oleh  $\text{Na}^+$  sehingga membentuk sebuah gelatin ( $\text{NaUF}_5$ ) berwarna putih seperti diunjukkan pada reaksi (10) dan (11) berikut<sup>[7]</sup>:



Konsentrasi uranium semakin besar, maka senyawa kompleks yang terbentuk juga akan semakin besar. Hal ini dapat mengakibatkan terjadinya pengurangan *fluor* yang berpindah dari bilik katoda ke bilik anoda.

#### SIMPULAN

Metoda elektrodialisis dapat digunakan untuk memisahkan uranium dalam efluen maupun efluen berkandungan fluor. Pada efluen berbasis asam nitrat, uranium yang terpisahkan hingga 100% selama 3,67 jam pada tegangan 3,5 volt. Kandungan Fluor dapat dipisahkan dari uranium hingga 78% selama 3,5 jam pada tegangan 14 volt. Penggunaan temperatur yang lebih tinggi memberikan pengaruh terhadap penurunan konsentrasi U(VI).

**DAFTAR PUSTAKA**

1. SUTOPO, A.(1991),”Pengendapan Uranium Dalam Efluen Menggunakan Amonium Karbonat”, Pendidikan Ahli Teknik Nuklir, PUSDIKLAT-BATAN, Jogjakarta.
2. AJI, D. (1992),”Pengendapan Uranium Dalam Efluen Menggunakan Hidrogen Peroksida, Pendidikan Ahli Teknik Nuklir, PUSDIKLAT-BATAN, Jogjakarta.
3. MARTONO, H. dan SUCAHYO, D.H., (1984),”Penyerapan Uranium oleh Resin Dowex 1 x 8”, Prosiding Bahan Murni dan Instrumentasi I Bahan Murni, PPBM (BATAN) Jogjakarta, hal. 45 – 58.
4. C.C. HSIANG dan C.T. CHANG, (1974),”The Electrolytical of uranyl ion using an ion exchange membrane”, Chung Cheng of Technology and Department of Chemistry, National Tsing Hua University, Hsinchu, Taiwan, China.
5. A.YASUHIRO, H. HIROSHI, M. HIROSHI, H. SHUICHIRO,(1989) “Fundamental Studies on the Continuous Elektrolytic Reduction of Uranyl Sulfate”, Metallurgical Transaction B, Vol. 20B.
6. KIRK-OTHEMER, (1994),”Encyclopedia of Chemical Technology”, Fourth edition, Volume 9, Elastomers, Polyisoprene to expert system.
7. M. K. T. NAIR, R. K. SINGH, D. .D BAJPAL, A. K. VENUGOPALAN, R. R. SINGH, P. B. GURBA, and M. THOMAS, (1992), “Role of ion transfer in the production of uranous nitrate”, BARC/1992/E/002, Prefre Plant, Tarapur, India.
8. FATHURRAHMAN, A thesis, (1995), “Solvent extraction as method of promoting uranium enrichment by chemical exchange”, Imperial College of Science, Technology and Medicine, Department of Chemical Engineering and Chemical Technology, University of London, London SW7 2BY, United Kingdom.
9. WAHYONO, H,(1999),” Pembuatan larutan urano nitrat dari larutan uranil nitrat secara elektrodialitik menggunakan membran tukar kation”, Tugas Akhir Pendidikan Ahli Teknik Nuklir, Pusklat, BATAN.
10. HERYANTO, S. (1979),”Studi pembuatan larutan uranium (IV) nitrat secara elektrolitik”, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
11. SUNARDI,(1999),” Penurunan kandungan *Fluor* (f) dalam efluen menggunakan membran tukar anion (MTA)”, Tugas Akhir Pendidikan Ahli Teknik Nuklir, Pusklat, BATAN.

