

## **PENGARUH pH LARUTAN UMPAN, WAKTU KONTAK, DAN KONSENTRASI ELUAN PADA PEMUNGUTAN URANIUM OLEH RESIN TERMODIFIKASI**

**Ghaib Widodo\*, Kris Tri Basuki\*\***

\*Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir – BATAN,  
Kawasan Puspiptek, Serpong 15314  
e-mail : ghaibwido@yahoo.com

\*\*Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir  
Jl. Babarsari, Kotak Pos 6101 YKBB, Yogyakarta  
e-mail : kristri\_basuki@batan.go.id

(Diterima 10-01-2012, disetujui 15-03-2012)

### **ABSTRAK**

**PENGARUH pH LARUTAN UMPAN, WAKTU KONTAK, DAN KONSENTRASI ELUAN PADA PEMUNGUTAN URANIUM OLEH RESIN TERMODIFIKASI.** Efluen proses merupakan larutan yang dihasilkan dari suatu instalasi nuklir terutama yang memproses bahan yang berbentuk larutan, dan masih bernilai tinggi karena mengandung uranium. Mengingat aspek ekonomi, *safeguards* bahan nuklir, dan keselamatan lingkungan, maka efluen proses yang masih mengandung uranium tersebut harus dipungut kembali. Metoda yang digunakan untuk pemungutan uranium dari efluen proses adalah dengan menggunakan resin termodifikasi (*chelating resin*). Resin termodifikasi dibuat dari resin Dowex dan *chelating agent* TOPO. Efluen proses yang digunakan dalam penelitian ini adalah larutan yang diperoleh dari hasil analisis, dan kegiatan penelitian lainnya di Instalasi Elemen Bakar Eksperimental (IEBE). Pemungutan uranium dilaksanakan dengan mencampur resin termodifikasi dan TOPO lalu didiamkan selama waktu tertentu sehingga terjadi pengikatan uranium oleh resin termodifikasi. Uranium yang terikat oleh resin termodifikasi tersebut dielusi dengan larutan NaCl (eluan) sehingga dapat diketahui uranium yang terpungut. Parameter yang dipelajari adalah pH larutan umpan (efluen proses), waktu kontak dan konsentrasi eluan. Hasil percobaan menunjukkan bahwa kondisi operasi yang relatif baik adalah pH 4, waktu kontak 12 jam dan konsentrasi eluan 2%. Pada kondisi tersebut, uranium yang terpungut adalah 0,408 g/L atau 39,88% dari konsentrasi awal uranium dalam efluen proses.

**Kata kunci:** Pemungutan uranium, efluen proses, resin termodifikasi, TOPO

### **ABSTRACT**

**EFFECT pH OF FEED SOLUTION, CONTACT TIME, AND CONCENTRATION ON VOTING ELUAN URANIUM BY CHELATING RESIN.** *Solution process effluent is generated from a nuclear plant that processes mainly materials that form solution, and is still valuable because it contains uranium. Given the economy, safeguards of nuclear materials, and environmental safety, the effluent containing uranium process still has to be collected again. The methods used for collecting uranium from process effluent is to use the modified resin (chelating resin). Modified resin is made from resin and Dowex chelating agent TOPO. Effluent process used in this study is the solution obtained from the analysis, and other research activities at the Experimental Fuel Element Installation (IEBE). Harvesting is carried out by mixing uranium and TOPO-modified resin and allowed to stand for a certain time, causing the binding of uranium by modified resin. Uranium is bound by the modified resin was eluted with a solution of*

*NaCl (eluan) so that it can be seen that terpengut uranium. The parameters studied were the pH of the feed solution (the effluent), contact time and concentration eluan. The experimental results show that a relatively good operating condition is pH 4, 12-hour contact time and concentration eluan 2%. In these conditions, uranium is terpengut is 0.408 g / L or 39.88% of the initial concentration of uranium in the effluent process.*

**Keywords :** Recovery of uranium, effluent process, chelating resin, TOPO

## I. PENDAHULUAN

Efluen proses senantiasa ditimbulkan oleh setiap industri pada umumnya maupun khusus seperti industri nuklir. Efluen proses biasanya masih mengandung bahan produk yang masih mempunyai nilai ekonomi tinggi, misalnya untuk industri nuklir, efluen proses masih banyak mengandung uranium. Fasilitas produksi bahan bakar untuk jenis reaktor riset dan daya yang berada di Instalasi Elemen Bakar Eksperimental (IEBE) Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir (PTBN) – BATAN Serpong senantiasa menyisakan uranium dalam efluen proses.

Salah satu sistem pemungutan uranium yaitu dengan menggunakan resin yang hingga saat ini masih dikembangkan, dengan tujuan agar dapat menaikkan efisiensi pemungutan uranium. Pengembangan penggunaan resin adalah dengan menggunakan resin termodifikasi dalam bentuk *chelating resin*<sup>[1-3]</sup>. Beberapa jenis resin yang biasa digunakan adalah resin penukar anion seperti Dowex 1 x 8, amberlite IRA – 400, amberlite IRA – 402 dan lain-lain. Resin tipe ini banyak digunakan dalam industri pemungutan uranium karena merupakan senyawa polimer tinggi berbentuk kopolimerisasi styrene dan divinyl benzen yang mengandung gugus fungsional ammonium basa kuarterner. Sementara itu pembentukan resin termodifikasi dapat terjadi dengan menambahkan senyawa yang bersifat khelat (*chelating agent*) misalnya TOPO, DEHPA, TBP dll. ke resin tersebut sampai terbentuk resin termodifikasi.

Proses pemungutan uranium dalam efluen proses dapat dilakukan dengan berlandaskan pada tiga parameter yaitu: (1) pH/keasaman efluen proses, (2) waktu kontak, (3) tingkat kejenuhan resin [4], serta (4) proses elusi. Keasaman atau pH efluen proses dipengaruhi oleh jenis resin termodifikasi dan suasana umpan. Waktu kontak antara resin dengan efluen proses berpengaruh terhadap pemungutan uranium oleh resin termodifikasi. Resin termodifikasi yang digunakan untuk memungut uranium lambat laun akan menjadi jenuh, maka perlu diketahui seberapa jauh resin termodifikasi mencapai tingkat kejenuhan atau sampai seberapa jauh resin termodifikasi mampu memungut uranium. Proses elusi dimaksudkan untuk memungut kembali uranium yang terikat oleh resin. Dengan mempelajari parameter tersebut, proses pemungutan uranium dalam efluen proses oleh resin termodifikasi yang berupa khelat diharapkan diperoleh efisiensi lebih tinggi dibandingkan dengan menggunakan resin biasa.

Untuk memungut U dari efluen proses, dapat dilaksanakan dengan berbagai metoda seperti presipitasi, kopresipitasi, kromatografi, ekstraksi pelarut, evaporasi, dan pertukaran ion. Metoda-metoda tersebut sering digunakan baik dalam skala laboratorium maupun skala produksi. Pertukaran ion dapat digunakan dalam industri nuklir seperti pemurnian bahan nuklir, pemisahan produk fisi spesifik, pengolahan limbah, pemurnian air pendingin reaktor, pemurnian bahan galian tambang dalam konsentrasi rendah, dan lain-lain.

Pengembangan pertukaran ion sangat menantang di masa mendatang seperti pengembangan makanan, farmasi, pengolahan ulang logam berat dan produk berharga industri rayon.

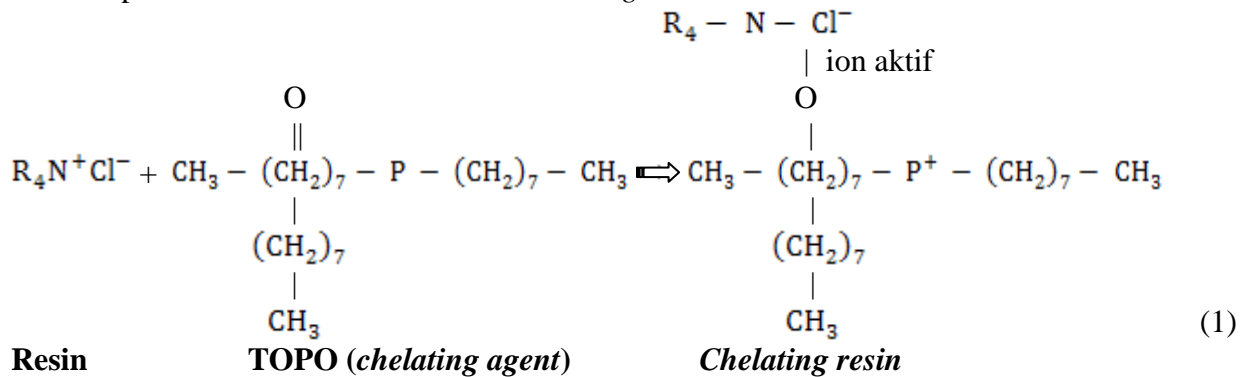
Di masa kini, penggunaan resin sudah sering digunakan dalam industri, baik industri kecil maupun besar seperti industri pengolahan air, tekstil, dan bahkan di dalam dunia kedokteran. Pengembangan penggunaan resin terus dikembangkan yaitu dengan membuat resin termodifikasi /*chelating resin*. Resin termodifikasi tersebut dapat berfungsi untuk mereduksi kesadahan air atau mengikat unsur-unsur kimia yang tidak diinginkan, bahkan dapat mengeluarkan zat besi dalam jaringan tubuh<sup>[5-6]</sup>. Aplikasi rekoveri uranium dari berbagai larutan menggunakan resin termodifikasi telah

banyak dilakukan di antaranya dari larutan asam pospat, air laut dan lain-lain<sup>[7-9]</sup>.

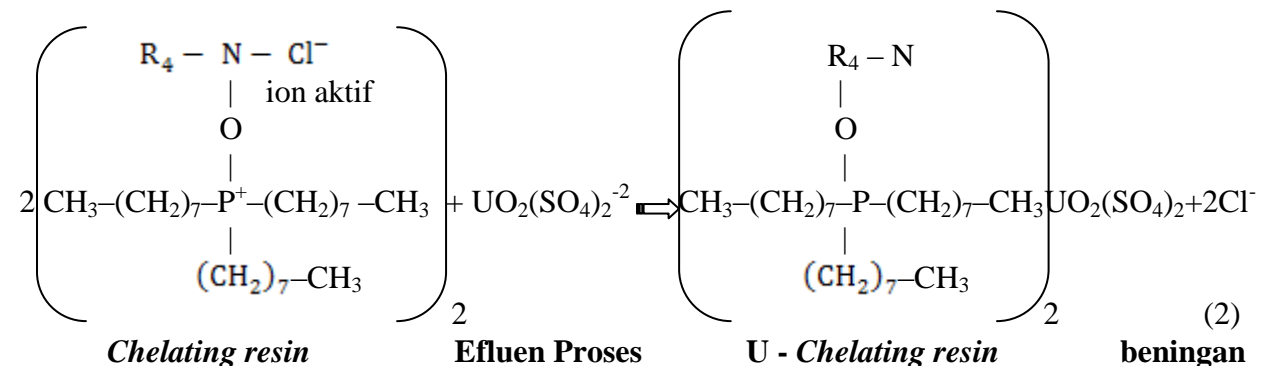
Dalam penelitian ini, penggunaan resin dikembangkan yaitu dengan menggunakan resin termodifikasi untuk memungut uranium yang berada di dalam efluen proses. Efluen proses tersebut adalah larutan yang berada di Instalasi Elemen Bakar Eksperimental (IEBE) – PTBN BATAN Serpong yang berasal dari larutan hasil analisis dan hasil proses lainnya dan masih mengandung uranium cukup banyak. Diharapkan dengan menggunakan metoda pemungutan uranium dengan resin termodifikasi ini dapat menurunkan kadar uranium dalam efluen proses tersebut.

Mekanisme reaksi proses pembuatan resin termodifikasi, proses pengikatan uranium, dan proses pengelusan dapat dijelaskan sebagai berikut<sup>[10-13]</sup> :

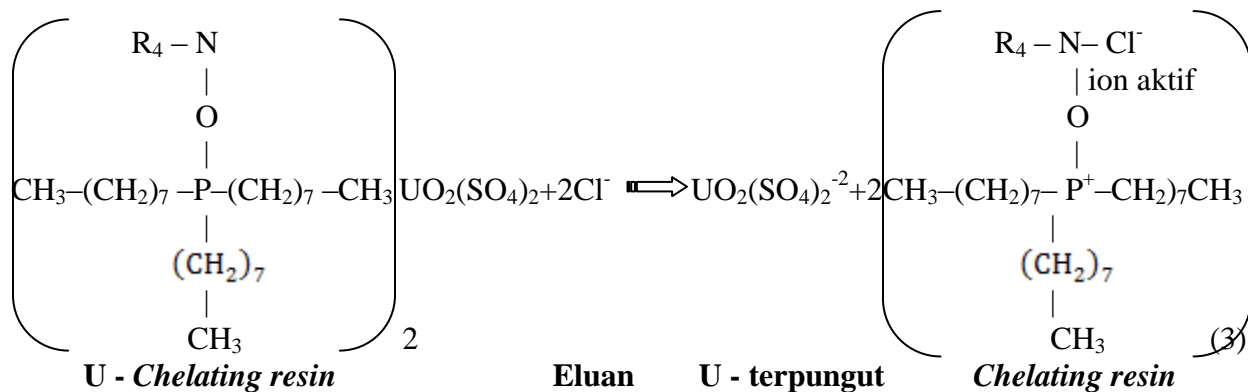
- Proses pembuatan resin termodifikasi/*chelating resin*



- Proses pengikatan uranium oleh resin termodifikasi



- Proses Pengelusan Menggunakan Garam (NaCl)



Tujuan dari penelitian ini adalah dapat terpungutnya uranium dalam efluen proses yang berada di IEBE menggunakan resin termodifikasi semaksimal mungkin, sehingga larutan yang tersisa hanya mengandung uranium dalam jumlah sangat kecil. Kemudian uranium yang terpungut dapat dimanfaatkan kembali sebagai bahan bakar. Harapan dari penelitian ini dari segi ekonomi, *safeguards* bahan nuklir dan keselamatan lingkungan dapat terpenuhi.

## II. TATA KERJA

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah efluen proses yang diperoleh dari IEBE PTBN Batan Serpong, resin Dowex, TOPO (Trioctyl phosphine oxide), larutan amoniak, asam nitrat, alkohol, natrium klorida. Adapun alat yang digunakan adalah gelas beker, gelas erlenmeyer, corong, pemanas/pengaduk magnet, titroprosesor, timbangan analitik.

Proses pemungutan uranium menggunakan resin termodifikasi, diawali dengan pembuatan resin termodifikasi. Resin Dowex ditimbang sebanyak 120 g kemudian dicampur dengan 100 mL TOPO dan diaduk selama 15 menit dengan kecepatan putaran 200 rpm hingga terbentuk resin termodifikasi. Dilakukan pemisahan antara resin termodifikasi dengan filtrat

dengan cara penyaringan. Resin termodifikasi dikeringkan pada suhu 100 °C selama semalam, kemudian disimpan dalam eksikator.

Proses selanjutnya adalah pemungutan uranium dari efluen proses menggunakan resin termodifikasi yang telah dibuat di atas. Resin termodifikasi ditimbang sebanyak 5 g, dimasukkan ke dalam gelas beker yang berisi 30 mL efluen proses yang telah diukur pH-nya yang divariasi dari 0,5 sampai 4,5 dengan konsentrasi uranium 1,023 g/L, kemudian diaduk selama 15 menit dan kecepatan pengadukan 200 rpm. Campuran tersebut didiamkan selama waktu kontak 12 jam, kemudian disaring untuk memisahkan resin termodifikasi yang telah mengikat uranium dengan filtrat efluen proses. Konsentrasi uranium dalam filtrat dianalisis dengan titroprosesor. Konsentrasi uranium dalam resin termodifikasi dihitung dengan mengurangi konsentrasi uranium awal dalam efluen proses dengan konsentrasi uranium dalam filtrat. Dengan cara yang sama dilakukan proses seperti di atas untuk variasi waktu kontak dari 3 sampai 24 jam.

Setelah uranium terikat oleh resin termodifikasi, kemudian dilakukan proses elusi menggunakan larutan natrium klorida (NaCl) yang divariasi konsentrasinya. Konsentrasi uranium yang terelusi dalam

filtrat NaCl dianalisis menggunakan titroprosesor.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

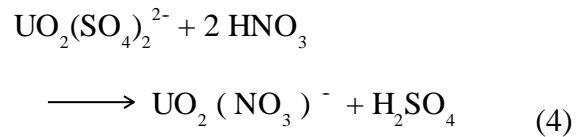
Proses pemungutan U dari efluen proses dengan resin termodifikasi dilakukan dengan parameter pH larutan umpan, waktu kontak, dan konsentrasi eluan yang digunakan.

#### 3.1. Pengaruh pH larutan umpan (efluen proses)

Tabel 1 dan Gambar 1 menunjukkan pengaruh pH larutan umpan (efluen proses) terhadap uranium terpengut oleh resin termodifikasi dan uranium sisa/uranium yang tidak terpengut yang berada dalam filtrat dengan waktu kontak 12 jam dan konsentrasi U awal dalam efluen proses 1,023 g/L. Uranium mulai terpengut oleh resin termodifikasi mulai pH 2 dan seterusnya dan diakhiri pada pH 4. Pada pH tersebut U terpengut paling tinggi yaitu 0,408 g/L atau 41,74% dari konsentrasi mula-mula. Dari sini tampak bahwa pada pH rendah uranium belum atau sangat sedikit terikat oleh resin termodifikas. Tetapi apabila pH dinaikkan menjadi 4,5, maka uranium yang terikat oleh resin termodifikasi justru sangat rendah atau bahkan nol. Hal ini menunjukkan bahwa pH tinggi menghalangi daya ikat resin

termodifikasi atau resin termodifikasi sudah tidak berfungsi lagi sebagai pengikat uranium pada pH tinggi. Pada penelitian pemungutan uranium dalam efluen proses menggunakan resin termodifikasi tersebut, keasaman yang baik dicapai pada pH 4.

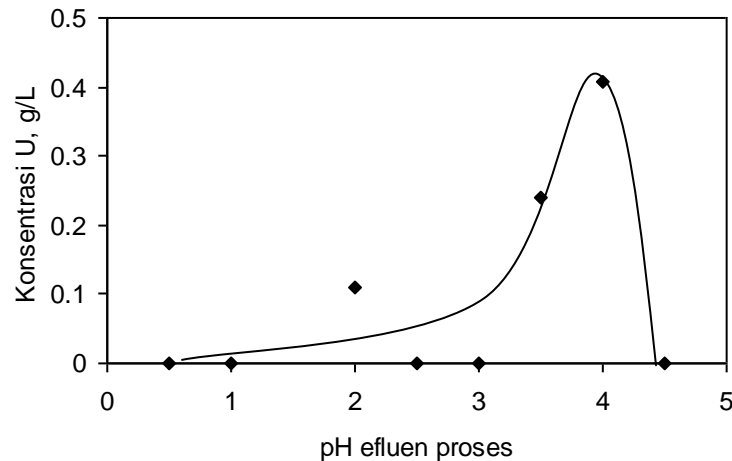
Pada keasaman di atas pH 4, sudah tidak mampu lagi mengikat uranium dalam efluen proses. Hal itu dimungkinkan uranium dalam efluen proses yang mengandung uranium dalam bentuk ion sulfat,  $UO_2(SO_4)_2^{-2}$  ini yang selektif terhadap resin termodifikasi. Karena pH tinggi itu justru merusak status ion  $UO_2(SO_4)_2^{-2}$  bereaksi lebih dahulu dengan asam nitrat yang mengakibatkan kedudukan ion sulfat digantikan oleh ion nitrat (reaksi 4), sehingga belum sempat/gagal diikat oleh resin resin termodifikasi.



Seperti dijelaskan oleh pustaka<sup>[14]</sup> bahwa ion uranil nitrat,  $UO_2(NO_3)^{-}$  ini kurang selektif dibandingkan dengan ion  $UO_2(SO_4)_2^{-2}$ . Hal ini mengakibatkan pengikatan uranium dalam efluen proses gagal atau justru hasil nol.

Tabel 1. Konsentrasi uranium dalam filtrat dan yang terpengut oleh resin termodifikasi pada variasi pH.

pH larutan umpan (efluen proses)	Konsentrasi U dalam filtrat g/L	U terpengut resin termodifikasi,	
		g/L	%
0,5	1,023	0	0
1	1,023	0	0
2	0,912	0,111	10,85
2,5	1,023	0	0
3	1,023	0	0
3,5	0,782	0,241	23,56
4	0,615	0,408	41,74
4,5	1,023	0	0



Gambar 1. Hubungan antara pH larutan umpan (efluen proses) dengan uranium yang terikat resin termodifikasi

### 3.2. Pengaruh Waktu Kontak

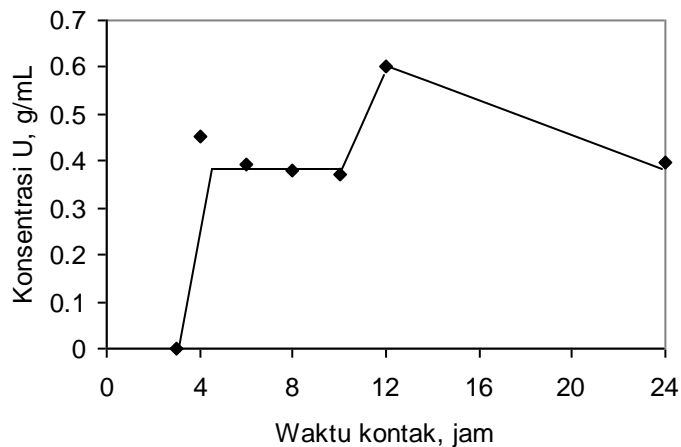
Tabel 2 dan Gambar 2 memperlihatkan banyaknya uranium yang terpengut oleh resin termodifikasi dan uranium sisa/uranium yang tidak terpengut yang berada dalam filtrat pada variasi pengaruh waktu kontak selama proses percobaan berlangsung. Pada percobaan ini konsentrasi uranium dalam efluen proses adalah 1,023 g/L dan dilaksanakan pH 4. Terlihat pada bahwa waktu kontak 3 jam belum terjadi pengikatan uranium oleh resin termodifikasi dari efluen proses atau mungkin sedang mulai awal terjadinya pengikatan. Dibuktikan setelah waktu kontak dinaikkan menjadi 4 sampai 10 jam terjadi pengikatan uranium oleh resin termodifikasi yang jumlah pengikatannya relatif sama. Namun setelah waktu kontak dinaikkan menjadi 12 jam terjadi pengikatan uranium oleh resin termodifikasi yang cukup tinggi yaitu sebesar 0,6010 g/mL atau 58,75% dari konsentrasi U mula-mula. Jika waktu kontak diperlama sampai 24 jam, justru terjadi pengurangan jumlah uranium yang diikat oleh resin termodifikasi. Pada kondisi

tersebut konsentrasi uranium yang diikat oleh resin termodifikasi sebesar 0,3970 g/mL atau hanya 38,81%. Hal ini dimungkinkan resin sudah mengalami kejenuhan dalam proses pengikatan uranium sehingga tidak dapat mengikat uranium lebih banyak lagi, bahkan mengalami penurunan yang mungkin disebabkan uranium yang sudah diikat lepas kembali ke dalam larutan efluen proses karena terlalu lamanya waktu kontak.

Secara umum proses pengikatan uranium dalam efluen proses oleh resin termodifikasi dibutuhkan waktu yang lama. Hal tersebut seperti dijelaskan oleh pustaka [15] bahwa laju proses pertukaran ion dikontrol oleh mekanisme difusi partikel resin termodifikasi itu sendiri. Namun kejadian dalam proses percobaan pengikatan uranium dalam efluen proses oleh resin termodifikasi waktu yang paling baik dicapai selama 12 jam hasil uranium yang terikat sebesar 58,75%, sementara di atas waktu 12 jam pengikat uranium merugikan, karena hasil uranium yang diperoleh justru menurun menjadi 38,81%.

Tabel 2. Konsentrasi uranium dalam filtrat dan yang terpungut oleh resin termodifikasi pada variasi waktu kontak

Waktu kontak, jam	Konsentrasi U dalam filtrat g/L	U terpungut resin termodifikasi,	
		g/L	%
3	1,0230	0	0
4	0,5701	0,4529	44,27
6	0,6311	0,3919	38,31
8	0,6420	0,3810	37,24
10	0,6516	0,3694	36,11
12	0,4220	0,6010	58,75
24	0,6360	0,3970	38,81



Gambar 2. Hubungan antara waktu kontak dengan uranium yang terikat resin termodifikasi.

### 3.3. Pengaruh konsentrasi eluan NaCl

Setelah uranium terikat oleh resin termodifikasi seperti telah dilakukan pada percobaan sebelumnya, maka untuk memperoleh kembali uranium dilakukan proses elusi menggunakan larutan NaCl. Pada tahap elusi ini, konsentrasi uranium yang terikat oleh resin termodifikasi tertinggi sebesar 0,6010 g/L, yang selanjutnya dilakukan elusi agar uraniumnya lepas dari ikatan resin termodifikasi menggunakan eluan NaCl pada berbagai konsentrasi.

Pada Tabel 3 dan Gambar 4 dapat dilihat pengaruh konsentrasi eluan NaCl terhadap elusi uranium yang terikat oleh resin termodifikasi. Pada konsentrasi eluan yang relatif rendah yaitu 0,5 dan 1%, konsentrasi uranium yang terelusi dari resin

termodifikasi relatif sama dan juga masih rendah. Tetapi setelah konsentrasi eluan dinaikkan menjadi 2% terjadi lonjakan uranium yang terelusi yaitu sebesar 0,408 g/mL atau 67,89% dibandingkan dengan konsentrasi awal uranium dalam resin termodifikasi. Apabila konsentrasi eluan dinaikkan lagi, ternyata uranium yang terelusi justru menurun dan relatif tetap walaupun konsentrasi eluan diperbesar sampai 8%. Hal ini menunjukkan bahwa setelah konsentrasi eluan yang digunakan mencapai 2%, telah terjadi kejenuhan dalam mengelusi uranium dari resin termodifikasi.

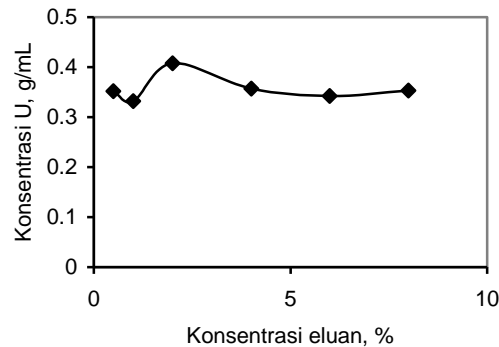
Dari percobaan yang telah dilakukan di atas, dapat dilihat bahwa pada kondisi operasi yang relatif baik, dengan menggunakan resin termodifikasi, maka

uranium dari efluen proses yang konsentrasi uranium mula-mula 1,023 g/mL dapat diikat oleh resin termodifikasi sebesar 0,601 g/L atau 58,75%. Kemudian uranium yang terikat oleh resin termodifikasi terelusi oleh NaCl

sebesar 0,408 g/mL. Jadi jika dibandingkan dengan konsentrasi uranium mula-mula dalam efluen, telah dapat dipungut kembali uranium sebesar 39,88%.

Tabel 3. Konsentrasi uranium yang terelusi dari resin termodifikasi

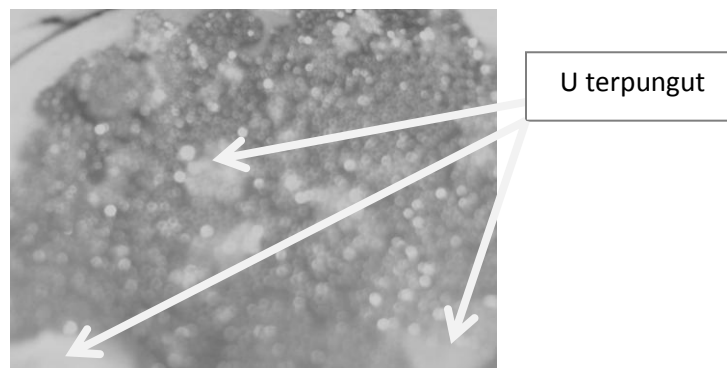
Konsentrasi Eluan NaCl, %	U terelusi	
	g/L	%
0,5	0,352	58,57
1,0	0,332	55,24
2,0	0,408	67,89
4,0	0,357	59,40
6,0	0,342	56,90
8,0	0,353	58,74



Gambar 3. Hubungan antara konsentrasi eluan NaCl dengan uranium terpungut.

Pada Gambar 4 ditampilkan foto uranium yang terikat oleh *chleating resin*/resin termodifikasi, ditunjukkan oleh tanda anak panah. Tampak bahwa uranium terikat oleh sebagian resin termodifikasi, atau

belum semua resin terisi oleh uranium. Hal ini dapat menerangkan hasil percobaan di atas di mana hasil pengikatan uranium oleh resin termodifikasi belum maksimal.



Gambar 4. Foto U terikat/terpungut oleh resin termodifikasi (*chelating resin*).



#### IV. KESIMPULAN

Pada pelaksanaan percobaan pemungutan uranium dalam efluen proses menggunakan resin termodifikasi dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Telah berhasil dibuat resin termodifikasi/*chelating resin* antara resin Dowex dengan *chelating agent* TOPO. Uranium dalam efluen proses dapat dipungut oleh resin termodifikasi/*chelating resin* tersebut.
2. pH larutan umpan dan waktu kontak berpengaruh terhadap banyaknya uranium dari efluen proses yang dapat diikat oleh resin termodifikasi. Pada pH 4, waktu kontak 12 jam uranium yang dapat diikat oleh resin termodifikasi sebanyak 0,6010 g/L atau 58,75% dari konsentrasi semula.
3. Pada proses elusi dengan NaCl konsentrasi 2%, dari 0,6010 g/L uranium dalam resin termodifikasi dapat terelusi sebanyak 0,408 g/L atau sebesar 39,88% dari konsentrasi uranium mula-mula (1,023 g/L) dalam efluen proses.

#### V. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada yang terhormat: Menristek yang telah mendanai penelitian ini dalam program Peningkatan Kapasitas Peneliti dan Perekayasa (PKPP) tahun 2011, Prof. Dr. Ir. Sigit yang telah membantu dalam penelitian maupun penyelesaian makalah ini, serta segenap staf B3N – PTBN yang ikut terlibat dalam pelaksanaan penelitian ini.

#### VI. DAFTAR PUSTAKA

1. Kobayashi, S.H., Tanabe, T., Seagusa, T., and Mashio, F. (2004), Phosphoro methylated Polyethylene Amine Resin

- for Recovery of Uranium From Seawater, Volume 15 No.1, Polymer Bulletin, Japan
2. Kabay, N., Demi Reioglu, M., Yayh, S., Gunay, E., Yuksel, M., Saglam, M., and Streat, M. (1998), Recovery of Uranium From Phosphoric Acid Solutions Using Chelating Ion Exchange Resin, Ind. Eng. Chem, Res, Turkey
3. Nakayama, M., Uemura, K., Nonaka, T., Egawa, H. (2009), Recovery of Uranium From Seawater. Uranium Adsorption Ability and Stability of Macroporous Chelating Resin Containing Amidoxine Groups Prepared by Simultaneous Use of Divinyl Benzene and Ethylene Glycol Dimethacrylate as Crosslinking Reagent, Department of Applied Chemistry Kumamoto University, Wiley Periodicals, inc, A Wiley Co. Japan
4. Fathurrachman, (1996), Pemisahan Isotop Uranium Dengan Cara Tukar Kimia (*Chemical Exchange*), Buletin Daur Bahan Bakar Nuklir (URANIA), No. 7/Thn. II, ISSN 0852 – 4777
5. Nakayama, M., Et. Al. (1984), A Chelate – Forming Resins Bearing Mercapto an Azo Groups and its Application to The Recovery Mercury (II)”, J.Talanta
6. Nakayama, M., Itoh, K., Chimuka, M., Sakurai, H., and Tanaka, H., (1984), Anion Exchange Resins Modified with Bismuthiol – II as a New Functional Resins For The Selective Collection of Selenium IV”, J.Talanta
7. Kabay, N., Demircio, M., Yayli, S., Gunay, E., Yuksel, M., Salam, M., and Steat, M. (1998), Recovery of Uranium from Phosphoric Acid Solutions Using Chelating Ion-Exchange Resins, Nalan Kabay, Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Ege University, Bornova, Izmir 35100, Turkey, and Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering,

- Loughborough University, Leicestershire, LE 11 3TU, U.K. *Ind. Eng. Chem. Res.*, 37 (5)
8. Egawa, H., Nonaka, T., and Ikari, M. (1984), Preparation of macroreticular chelating resins containing dihydroxyphosphino and/or phosphono groups and their adsorption ability for uranium” Department of Industrial Chemistry, Faculty of Engineering, Kumamoto University, Kumamoto 860, Japan
  9. Kabay, N. and Egawa, H. (2004), Chelating Polymers for Recovery of Uranium from Seawater, Institute of Nuclear Sciences Ege University, Bornova, Izmir, Turkey, Departement of Applied Chemistry Faculty of Engineering, Kumamoto University, Kumamoto, Japan
  10. Lee, C.H.H., Kim, J.S., Suh, M.Y., and Lee, W., (1998), A chelating resin containing 4-(2-thiazolylazo)resorcinol as the functional group Synthesis and sorption behaviour for trace metal ions, Korea Atomic Energy Research Institute, P.O. Box 105, Yusong, Taejon 305-600, Kyung Hee University, Seoul 130-701, South Korea
  11. Egawa, H., Nonaka, T., and Nakayama, M. (1988), Influence of Crosslinking and Porosity on the Uranium Adsorption of Macroreticular Chelating Resin Containing Amidoxime Groups, Department of Applied Chemistry Faculty of Engineering, Kumamoto University, Kumamoto, Japan
  12. Akiba, K., and Hashimoto, H., (2005), Recovery of uranium by polyurethane foam impregnated with 5,8-diethyl-7-hydroxy-6-dodecanone oxime, *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, Research Institute of Mineral Dressing and Metallurgy, Tohoku University, Katahira-2, 980 Sendai, Japan
  13. Egawa, H., Nonaka, T., and Tsukamoto, K. (1988), Studies on Selective XXVII. Preparation and Properties of Macroreticular Chelating Resins Containing Amidoxime Groups from Chloromethylstyrene Divinylbenzene Copolymer Beads, Department of Applied Chemistry, Faculty of Engineering, Kumamoto University, Japan
  14. Wardiyati, S., Lubis, W., dan Karo-karo, A., (1999), Penyerapan Uranium Dengan Resin Khelat Amberlite IRA-410-(2-Pyridilazo) Recorsinol Monosodium, Lokakarya Nasional Jaringan Nasional Kimia (JNK), Jogjakarta
  15. Martono, H dan Suchyo, D.H., (1984), Penyerapan Uranium oleh Resin Dowex 1 x 8 dengan Pengompleks  $H_2SO_4$  dan  $Na_2SO_4$ , Prosiding Bahan Murni dan Instrumentasi Bahan Murni, PPBMI BATAN.