

METODE UJI RADIOCHRONOMETRY URANIUM DAN THORIUM

Erlina Noerpitasari, Syamsul Fatimah, Yanlinastuti, Boybul, Arif Nugroho
Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir

ABSTRAK

Telah dilakukan pemisahan uranium dengan thorium menggunakan metode kromatografi pertukaran kation. Pemisahan dilakukan untuk menentukan umur *yellow cake* dengan radiokronometer $^{228}\text{Th}/^{232}\text{Th}$ menggunakan spektrometer alfa. Penelitian ini bertujuan mendapatkan metode alternatif untuk menentukan umur *yellow cake* pada penyusunan basis data perpustakaan forensik nuklir. Pemisahan thorium dari uranium dilakukan menggunakan resin dowex 50W-X8. Berdasarkan hasil optimasi yang diperoleh, elusi uranium dilakukan menggunakan HNO_3 4 M sebanyak 60 mL dan elusi thorium menggunakan HNO_3 6 M. Effluen uranium dan thorium yang keluar dari kolom dikenakan proses elektrodeposisi untuk selanjutnya dilakukan pengukuran menggunakan spektrometer alfa.

Kata kunci: *yellow cake*, thorium, kromatografi pertukaran anion, radiokronometer.

PENDAHULUAN

Terorisme bahan nuklir merupakan ancaman internasional yang membutuhkan usaha internasional untuk memeranginya^[1]. Sejak awal tahun 1990, kasus-kasus perdagangan gelap yang melibatkan bahan nuklir mulai dilaporkan. Akibatnya, bahan nuklir telah menjadi bagian dari penyelidikan forensik^[2]. Forensik nuklir adalah analisis ilmiah komprehensif bahan nuklir dan bahan radioaktif lainnya atau barang bukti yang terkontaminasi dengan bahan radioaktif dalam konteks hukum nasional dan internasional dan keamanan nuklir^[3]. Tujuan kegiatan forensik nuklir adalah karakterisasi bahan radioaktif untuk menelusuri sumber dan rute transportasinya, dan untuk memverifikasi bahwa bahan tersebut sesuai dengan yang dideklarasikan oleh suatu negara^[4].

Indonesia, khususnya Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN), sedang mengembangkan kegiatan forensik nuklir sebagai tindakan nyata dalam upaya memerangi terorisme nuklir dan meningkatkan keamanan nasional dan internasional. Langkah awal kegiatan forensik nuklir ini adalah pembuatan perpustakaan forensik nuklir nasional. Perpustakaan forensik nuklir merupakan kompilasi informasi-informasi mengenai deskripsi dan dalam beberapa kasus sampel bahan nuklir dan bahan radioaktif lainnya yang dihasilkan, digunakan, atau disimpan dalam suatu negara^[3].

Teknik analisis yang paling umum digunakan dalam forensik nuklir antara lain karakterisasi fisik dan karakterisasi kimia. Salah satu parameter penting pada forensik nuklir yaitu penentuan umur atau tanggal produksi. Umur mengacu pada waktu yang telah

berlalu sejak isotop aktinida dipisahkan secara kimia dari produk peluruhannya. Metode ini didasarkan pada pengukuran yang akurat dan tepat dari rasio isotop anak-induk (radiokronometer). Radiokronometer yang paling umum digunakan adalah $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$, namun radiokronometer ini hanyalah untuk uranium dengan bahan yang sangat murni (bahan bakar nuklir dan produk akhir lainnya), dan tidak berlaku untuk konsentrat bijih uranium (*yellow cake*) karena menghasilkan perhitungan umur dengan bias yang besar. Untuk sampel yang tidak murni seperti *yellow cake*, radiokronometer $^{228}\text{Th}/^{232}\text{Th}$ dapat digunakan sebagai metode alternatif penentuan umur selama thorium alam terdapat di dalam *yellow cake*, karena metode ini menggunakan thorium yang tersisa setelah pemurnian bahan^[5,8].

Varga *et al.* (2011) melakukan analisis rasio aktivitas $^{228}\text{Th}/^{232}\text{Th}$ untuk penentuan umur *yellow cake* menggunakan instrumen ICP-MS dan spektrometer alfa. Proses pemisahan thorium dari uranium dalam *yellow cake* dilakukan dengan metode kromatografi ekstraksi menggunakan resin TEVA dan preparasi sampel untuk pengukuran dengan spektrometerealfa dilakukan dengan metode penguapan langsung^[9]. Resin TEVA merupakan resin yang spesifik untuk pemisahan unsur aktinida tetravalen seperti thorium, namun harganya relatif mahal dibandingkan dengan resin penukar kation Dowex 50W. Pemisahan thorium dari uranium dapat dilakukan menggunakan resin pertukaran kation Dowex 50W sebagai alternatif saat resin TEVA tidak tersedia. Beberapa penelitian sebelumnya telah melakukan studi pemisahan uranium dan thorium menggunakan resin Dowex 50W dengan perbandingan kadar uranium dan thorium yang sebanding^[10,11].

Pada penelitian sebelumnya, pada proses pemisahan uranium dan thorium, elusi uranium dilakukan menggunakan eluen HNO_3 dengan konsentrasi 1 M, namun hasil pemisahan belum sempurna, karena konsentrasi tersebut belum cukup kuat mengeluarkan uranium dari resin (dengan kandungan uranium dalam *yellow cake* yang sangat banyak yaitu sekitar 60%), sehingga terjadi *tailing* dan uranium masih tertinggal dalam resin walaupun sudah dilewatkan eluen dengan volume yang banyak (hingga 150 mL) dan masih terkandung sedikit uranium dalam efluen Thorium yang dapat mengganggu proses elektrodposisi Thorium^[12]. Pada penelitian ini, akan dilakukan peningkatan konsentrasi HNO_3 yaitu 2 M dan 4 M sebagai eluen untuk melulusi uranium dengan harapan dapat meningkatkan hasil pemisahan elusi uranium dari resin, namun perlupembuktian bahwa pada proses tersebut thorium masih berada dalam resin (tidak ikut terelusi).

METODOLOGI

Penentuan Profil Elusi Thorium dengan Eluen HNO_3 2M dan 4M

Thorium 1000 ppm sebanyak 10 mL dalam larutan eluen (HNO_3 2M dan 4M) dilewatkan ke dalam kolom yang berisi 2,5 g resin Dowex 50W-X8. Resin tersebut telah dikondisikan dengan larutan eluen (HNO_3 2M dan 4M). Efluen ditampung setiap volume 10 mL hingga mencapai volume 100 mL. Kadar thorium dalam efluen diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Profil elusi thorium dibuat dengan membuat kurva hubungan volume eluen dengan fraksi thorium yang keluar.

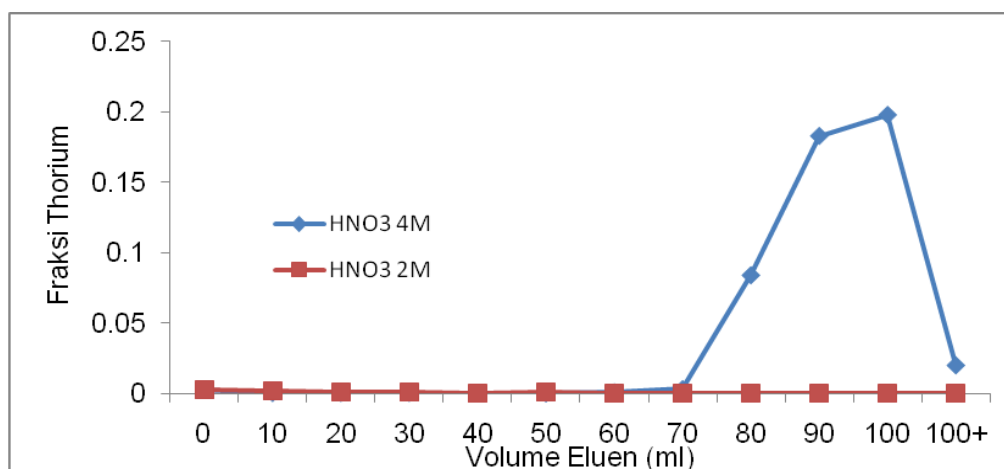
Simulasi Pemisahan Uranium dan Thorium

Simulasi dilakukan dengan memasukkan sejumlah konsentrasi campuran uranium dan thorium ke dalam kolom yang berisi 2,5 g resin Dowex 50W-X8, sebelumnya resin tersebut dikondisikan dengan larutan eluen (HNO_3 4M dan 6M) yang akan digunakan dalam proses elusi. Elusi dilakukan menggunakan eluen HNO_3 dengan konsentrasi 4M hingga volume 50 mL (untuk mengelusi uranium), kemudian dilanjutkan dengan HNO_3 4M dan 6M ditampung setiap 10 mL hingga volume 200 mL. Selain itu juga dilakukan elusi menggunakan HNO_3 6M dari awal ditampung setiap 10 mL hingga volume 200 mL.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan Profil Elusi Thorium dengan Eluen HNO_3 2M dan 4M

Hasil proses elusi menggunakan konsentrasi HNO_3 2 M dan 4 M terhadap larutan standar thorium diperoleh kromatogram atau profil elusi thorium yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Profil elusi thorium dengan eluen HNO_3 2M dan 4M

Pada Gambar 1 dapat dilihat bahwa pada elusi menggunakan HNO_3 2 M, thorium tidak ikut terelusi hingga volume 2M, sedangkan pada elusi menggunakan HNO_3 4M, thorium belum terelusi hingga volume 60 mL. Oleh karena itu, elusi uranium dapat dilakukan menggunakan HNO_3 4 M hingga volume 60 mL.

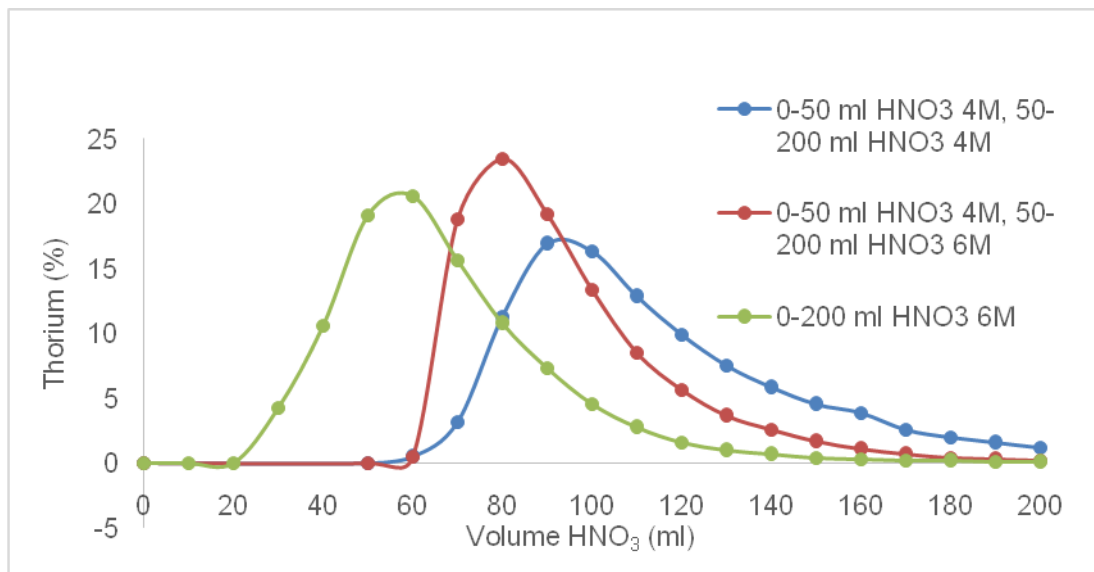
Kandungan uranium dan thorium dalam efluen dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis secara simultan dengan hasil pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil elusi uranium dan thorium

Volume Eluen (mL)	Uranium (%)			Thorium (%)		
	4M-4M	4M-6M	6M-6M	4M-4M	4M-6M	6M-6M
10	99,79	99,98	43,07	0,00	0,00	0,00
20			52,54			0,00
30			4,22			4,25
40			0,13			10,60
50			0,04			19,13
60	0,21	0,02	0,00	0,46	0,51	20,59
70	0,00	0,00	0,00	3,19	18,82	15,62
80	0,00	0,00	0,00	11,32	23,46	10,76
90	0,00	0,00	0,00	16,88	19,23	7,31
100	0,00	0,00	0,00	16,32	13,37	4,54
110	0,00	0,00	0,00	12,85	8,52	2,72
120	0,00	0,00	0,00	9,92	5,66	1,61
130	0,00	0,00	0,00	7,51	3,61	0,98
140	0,00	0,00	0,00	5,80	2,59	0,67
150	0,00	0,00	0,00	4,50	1,64	0,40
160	0,00	0,00	0,00	3,90	1,05	0,30
170	0,00	0,00	0,00	2,57	0,66	0,21
180	0,00	0,00	0,00	2,01	0,42	0,15
190	0,00	0,00	0,00	1,56	0,27	0,09
200	0,00	0,00	0,00	1,19	0,19	0,08

Berdasarkan data pada Tabel 1 pada volume 0-50 mL HNO_3 4M uranium terelusi hampir seluruhnya yaitu 99,79 hingga 99,98%, sedangkan thorium belum terelusi. Pada volume 50-60 ml baik HNO_3 4M maupun 6M masih terdapat sisa uranium dan thorium mulai sedikit terelusi. Pada volume 70-200 mL, uranium sudah tidak terdapat dalam efluen

dan thorium terelusi dengan profil elusi seperti yang terdapat pada Gambar 2. Pada volume 200 mL thorium masih terdapat dalam efluen sebesar 1,19% dengan eluen HNO_3 4M, sedangkan dengan eluen HNO_3 6M hanya 0,19%. Pada elusi menggunakan HNO_3 6M seluruhnya thorium terelusi lebih baik yaitu tersisa 0,08% pada volume 200 mL, namun pemisahan tidak terjadi dengan baik karena pada volume 30 mL thorium sudah mulai terelusi, sedangkan uranium belum terelusi seluruhnya dan baru habis terelusi hingga volume 50 mL.



Gambar 2. Profil elusi thorium

menggunakan HNO_3 4M dan pemisahan dilakukan dengan elusi uranium menggunakan HNO_3 4M sebanyak 60 mL, dan elusi thorium menggunakan HNO_3 6M sebanyak 150 mL.

KESIMPULAN

Telah diperoleh metode pemisahan uranium dan thorium dengan metode kromatografi pertukaran kation menggunakan resin Dowex 50W-X8. Elusi uranium dilakukan menggunakan HNO_3 4M sebanyak 60 mL, sedangkan elusi thorium dilakukan menggunakan HNO_3 6M sebanyak 150 mL. Metode pemisahan ini dapat diterapkan untuk penentuan umur *yellow cake* dengan radiokronometer $^{228}\text{Th}/^{232}\text{Th}$ menggunakan spektrometer alfa.

DAFTAR PUSTAKA

1. Kristo MJ, Tumey SJ. *The State of Nuclear Forensics*. Nucl Inst Methods Phys Res B [Internet]. 2013;294:656–61. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.nimb.2012.07.047>.
2. Wallenius M, Mayer K, Ray I. *Nuclear forensic investigations: Two case studies*. Forensic Sci Int. 2006;156(1):55–62.
3. IAEA. *Development of a National Nuclear Forensics Library (Draft)*. Vienna; 2013. 1–43 p.
4. Karpas Z. *Analytical Chemistry of Uranium*. New York: CRC Press; 2015. 237–289p.
5. Stanley FE. *A beginner's guide to uranium chronometry in nuclear forensics and safeguards*. J Anal At Spectrom. 2012;27(11):1821–30.
6. Mayer K, Wallenius M, Lützenkirchen K, Galy J, Varga Z, Erdmann N, et al. *Nuclear Forensics: A Methodology Applicable to Nuclear Security and to Non-Proliferation*. J Phys Conf Ser. 2011;312(6):062003.
7. Mayer K, Wallenius M, Varga Z. *Nuclear forensic science: Correlating measurable material parameters to the history of nuclear material*. Chem Rev. 2013;113(2):884–900.
8. Mayer K, Wallenius M, Fanghanel T. *Nuclear forensic science-From cradle to maturity*. J Alloys Compd. 2007;444–445(SPEC. ISS.):50–6.
9. Varga Z, Wallenius M, Mayer K, Hrncsek E. *Alternative method for the production date determination of impure uranium ore concentrate samples*. J Radioanal Nucl Chem. 2011;290(2):485–92.
10. Bhattacharyya A, Mohapatra PK, Pathak PN, Manchanda VK. *Cation-exchange separation of uranium from thorium in nitric acid medium*. J Radioanal Nucl Chem. 2006;268(2):323–8.
11. Achuthan P V, Janardanan C, Vijayakumar N, Kutty VE, Mukherjee A, Ramanujam A, et al. *Studies on The Separation of Thorium and Uranium on Various Crosslinked Dowex 50W Resin*. Bombay, India; 1993.
12. Noerpitasari E. *Studi Pemisahan Thorium dari Uranium dan Optimasi Parameter Elektrodeposisi Thorium untuk Penentuan Umur Konsentrat Bijih Uranium (Yellow Cake) dengan Radiokronometer $^{228}\text{Th}/^{232}\text{Th}$ Menggunakan Spektrometer Alfa*. University of Indonesia; 2017.