



PENENTUAN KONSENTRASI TORIUM-232 DAN ANAK LURUHNYA SECARA SPEKTROMETRI ALPA

Bambang Irianto, Muljono, Suprihati

Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan-BATAN Yogyakarta

Jl Babarsari Nomor 21, Kotak pos 6101 Ykbb 55281

e-mail : bbirianto97 @ gmail.com

ABSTRAK

PENENTUAN KONSENTRASI TORIUM-232. DAN ANAK LURUHNYA SECARA SPEKTROMETRI ALPA. Telah dilakukan penentuan konsentrasi Torium dan anak luruhnya dari hasil olah pasir monasit secara spektrometri alpa. Umpan ekstraksi adalah torium nitrat dari hasil olah pasir monasit. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui konsentrasi Torium dan anak luruhnya dari hasil olah pasir monasit fase air pada stripping secara spektrometri alpa. Dari percobaan yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa konsentrasi Torium-232 tertinggi 489,263 mg/L dan terendah pengotornya adalah pada waktu stripping 30% selama 45 menit.

ABSTRACT

DETERMINATION OF THORIUM-232 THE DECAY DAUGHTER CONCENTRATION USING ALPHA SPECTROMETRIC METHOD. Determination of Thorium-232 and the decay daughter produced by monazite send process have been performed by alpha spectrometric method. The extracted samples was thorium nitrate from monazite send. The objective of this investigation is to know the concentration of Thorium and the decay daughter produced by water phase stripping process of monazite send. It can be concluded that the highest concentrtrion of Thorium 489.263 mg/L with the lowest impurities was produced by 45 minutes extraction time.

PENDAHULUAN

Torium (^{232}Th) merupakan salah satu unsur logam radioaktif pemancar alpa (α) atau unsur yang mengandung zarah alpha, mempunyai nomor atom tinggi yaitu 90 dan berat atom 231,038. Torium mempunyai bilangan oksidasi +4 larut dalam HCl dan HNO_3 (Othmer,1969). Unsur ini mempunyai titik leleh 1740-1760 $^{\circ}\text{C}$ dan titik didih 4760-4800 $^{\circ}\text{C}$. Isotop – isotop Torium mempunyai nomor massa antara 212 – 234. Torium mempunyai anak luruh, ^{228}Ac , ^{228}Th , ^{224}Ra , ^{220}Rn , ^{216}Po , ^{212}Bi , ^{212}Po . Isotop torium (^{232}Th) juga merupakan sumber bahan bakar nuklir yang sangat penting selain Uranium. ^{232}Th dapat disebut bahan pembiak (breeder material) yang dapat membelah ^{232}U dengan cara menangkap neutron (Simbolon, S., 1993). Zarah alpa memiliki massa dan muatan yang relatif besar, sehingga zarah tersebut dapat berinteraksi dengan materi secara efektif. Akibatnya zarah alpha tersebut mempunyai jarak jangkauan pendek (daya tembus kecil) atau tidak tembus

halangan materi walaupun sangat tipis. Butir-butir atom torium yang saling bertumpukan antara satu dengan yang lainnya sangat sulit dideteksi secara keseluruhan, karena atom-atom yang terletak di bawah tertutupi oleh atom-atom yang berada di atasnya sehingga tidak dapat dicacah secara sempurna, karena tenaga zarah alpha mudah diserap oleh bahan yang dilewatinya, mengakibatkan zarah alpha yang dipancarkan dari bagian dalam tidak akan keluar dari sumbernya, sehingga hasil cacahannya tidak menyatakan aktifitas sumber yang sebenarnya^(1,2) Untuk mengatasi kendala tersebut, sebaiknya dilakukan pengendapan thorium secara tipis dan merata dengan metoda elektrodeposisi pada kondisi optimum sebagai penyiapan cuplikan untuk dideteksi dengan detektor SSB secara spektrometri alpa^(1,3)

Penelitian ini termasuk dalam lingkup teknik analisis nuklir dan kimia, spesifik pada pendayagunaan unit elektrodeposisi dan spektrometer alpha untuk uji kualitas bahan nuklir.



**PROSIDING SEMINAR
PENELITIAN DAN PENGELOLAAN PERANGKAT NUKLIR
Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan
Yogyakarta, 26 September 2012**

Sedangkan hasil yang diharapkan adalah diperoleh data konsentrasi Torium (^{232}Th) dengan anak luruhnya.

Tujuan

Untuk mengetahui konsentrasi Torium, anak luruh dan impuritasnya dari proses digesti pasir monasit variasi waktu ekstraksi.

Zarah Alpha

Zarah alpha adalah suatu zarah yang terdiri dari 2 proton dan 2 neutron sehingga sebenarnya merupakan inti Helium. Dipancarkan dalam proses peluruhan alpha, reaksi secara umum dapat dituliskan sebagai berikut :



A = nomor massa = jumlah proton + neutron

Z = nomor atom = jumlah proton

Sebagai contoh dapat dilihat pada reaksi peluruhan U^{235} :



Didalam inti atom yang besar ada kecenderungan kuat untuk terjadinya ikatan antara 2 proton dan 2 neutron oleh karena gugus inti helium ini sangat stabil. Hal ini dapat diterangkan dari fakta bahwa tenaga ikat inti per nukleon dalam inti ${}^4\text{He}$ jauh lebih tinggi dibandingkan dengan nuklida-nuklida lain yang mempunyai nomor massa berdekatan^[1,2]

Elektrodeposisi

Elektrodeposisi adalah suatu proses pelapisan suatu logam atau senyawa logam dari larutan elektrolit pada elektroda dengan bantuan arus listrik searah. Penelitian ini, merupakan salah satu metode pengendapan unsur-unsur yang mengandung nuklida-nuklida pemancar sinar alpha (mengandung zarah alpha). Metode elektrodeposisi pada hakekatnya adalah proses elektrolisa, sama dengan cara-cara pelapisan elektrokimia (penyepuhan/galvanisasi). Hanya saja dalam metode ini perlu dilakukan sedemikian rupa hingga diperoleh hasil pelapisan tipis dan merata. Pada elektrodeposisi yang terjadi adalah proses pelapisan katodik, sehingga reaksi yang terjadi adalah reaksi reduksi dengan reaksi umum sebagai berikut :



Jarak katoda anoda sebaiknya cukup dekat yaitu antara 0,5 cm sampai dengan 1 cm dan sistem alat elektrodeposisi harus cukup stabil. Randemen pelapisan semacam ini dapat mencapai 90 %^(1,4,5,6)

Ekstraksi adalah pemisahan unsur-unsur didalam larutan secara tidak kontinyu.

Digesti pasir monasit.

Digesti pasir monasit adalah peleburan pasir untuk pengambilan torium dan anak luruhnya. Spektrometri Alpha dan detektor SSB.

Spektrometri alpha adalah suatu cara analisis cuplikan radioaktif pemancar alpha berdasarkan pengukuran tenaga dari intensitas zarah alpha yang dipancarkan oleh cuplikan tersebut. Tenaga sinar alpha yang terukur dipakai sebagai dasar analisis kuantitatif. Efek serapan diri merupakan kendala yang harus dihilangkan pada analisis secara spektrometri alpha, karena dapat memperkecil daya tembus zarah alpha yang diterima oleh detektor *Silicon Surface Barrier* (detektor sawar muka silikon), disingkat SSB.

Untuk tujuan analisis kualitatif diperlukan kalibrasi tenaga, sedangkan untuk tujuan analisis kuantitatif tidak diperlukan kalibrasi efisiensi detektor seperti pada spektrometri gamma, mengingat efisiensi detektor sawar muka silikon tersebut dianggap sama untuk berbagai macam tenaga zarah alpha^[1,2]. Jadi untuk keperluan analisis kuantitatif dilakukan perhitungan dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Aktivitas} = \text{cps} \cdot 4 \frac{\pi \cdot S^2}{\pi \cdot r^2} \quad (4)$$

Aktivitas = aktifitas cuplikan atau standar (dps)

cps = laju pencacahan tiap detik

S = Jarak sumber dengan detektor (cm)

r = jari-jari detektor (cm)

Jika dikehendaki, harga ini dapat dikembalikan pada harga dps pada suatu waktu tertentu dengan menggunakan rumus dasar peluruhan radioaktivitas sebagai berikut :

$$A_t = A_0 \cdot e^{-0,693 \frac{t}{T}} \quad (5)$$

A_t = aktivitas pada saat t (dps)

A_0 = aktivitas pada saat t=0 (dps)

t = waktu peluruhan (detik)

T = waktu paro (detik)

Untuk menentukan efisiensi pencacahan digunakan rumus sebagai berikut ::

$$\text{Efisiensi} = \frac{\text{dps Pengukuran}}{\text{dps Perhitungan}} \times 100\% \quad (6)$$

Untuk menghitung aktivitas cuplikan (analisis kuantitatif) digunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Aktivitas} = \frac{\text{areanet}}{\text{efisiensi}} \cdot \frac{1}{t_{\text{count}}} \quad (7)$$

Aktivitas = aktivitas cuplikan (dps)

Area net = laju pencacahan (cacah)

t. count = waktu pencacahan (detik)

Efisiensi = efisiensi detektor (%)

Untuk mengetahui berat radio nuklida dalam cuplikan dapat dilakukan perhitungan sebagai berikut :



$$W = \frac{N}{6,02 \times 10^{23}} \times BA \quad (8)$$

$$N = \frac{A \cdot T}{0,693} \quad (9)$$

N = cacah butir atom
A = aktifitas radionuklida dalam cuplikan (dps)
T = waktu paro radionuklida (detik)
BA = berat atom
W = berat radionuklida dalam cuplikan (gram)
T.²³²Th = 1.405.10¹⁰ tahun
Kemudian untuk menentukan % berat radionuklida yang terendapkan, menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\frac{\text{Berat radionuklida yg mengendap}}{\text{Berat radionuklida dlm cuplikan awal}} \times 100\% \quad (10)$$

TATA KERJA

Bahan dan Peralatan

Bahan yang digunakan adalah larutan hasil digesti pasir monasit, larutan NH₃ pekat, H₂SO₄ 2M, Aquabidest, alkohol 96 %, standar campuran (²³³U, ²³⁹Pu, ²⁴¹Am), standar ²⁴¹Am.

Peralatan yang digunakan adalah unit Elektrodeposisi, unit Spektrometer alfa, eppendorf 0,1 mL, pipet gondok 10 mL, pipet mata, pinset, timer, pemanas lampu.

Cara Kerja

Pengendapan Torium

1. Disiapkan planset SS 316 berdiameter 2,5 cm yang bersih dan bebas dari lemak.
2. Diletakkan planset SS 316 (katoda) pada dasar sel elektrodeposisi dan disekrupkan pada silinder teflon.
3. Dimasukkan larutan H₂SO₄ 2M 10 ml (sebagai media) kedalam tabung teflon
4. Diteteskan cuplikan 0,1 ml larutan sampel kedalam larutan media.
5. Dipasang elektroda platina (anoda) pada jarak 0,8 cm di atas katoda
6. Kondisi elektrodeposisi diatur pada arus elektrodeposisi, waktu elektrodeposisi dan konsentrasi cuplikan yang telah ditentukan di atas.
7. Sebelum arus dimatikan, dimasukkan bertetes-tetes larutan NH₄OH kedalam larutan sampel.
8. Arus unit elektrodeposisi dimatikan, kemudian planset dibersihkan dengan ROW dan alkohol 96 % dan dikeringkan di bawah lampu pemanas.

Analisis (Pencacahan)

Setelah dilakukan pengendapan torium diatas planset SS 316, kemudian dilakukan pencacahan menggunakan perangkat spektrometer alfa selama 7200 detik dengan detektor SSB pada tegangan kerja -135 volt setiap sampel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil percobaan yang dilakukan dengan variasi waktu ekstraksi digesti pasir monasit dari 5 menit sampai dengan 45 menit dengan jeda waktu ekstraksi selama 10 menit, menunjukkan bahwa semakin lama waktu ekstraksi konsentrasi ²³²Th semakin meningkat, walaupun ada yang perlu dipertanyakan mengapa pada waktu ekstraksi selama 5 menit konsentrasinya lebih tinggi dari waktu ekstraksi selama 15 menit dan waktu ekstraksi selama 25 menit serta sama dengan waktu ekstraksi selama 35 menit, kemudian waktu ekstraksi selama 45 menit menunjukkan kenaikan yang nyata dibandingkan dengan waktu ekstraksi dibawahnya, hal ini dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Konsentrasi ²³²Th Variasi Waktu Ekstraksi, dengan konsentrasi umpan 576,873 mg/L, ²²⁸Th = 36,894. 10⁻⁹ mg/L, ²²⁴Ra = 18,829.10⁻¹¹ mg/L, ²¹²Po = 20,126.10⁻²³ mg/L

Ekstraksi	Energi (KeV)	Radio-Isotop	Konsentrasi (mg/L)
Stripping 30%, wkt 05'	3957,3	²³² Th	468,088
Stripping 30%, wkt 15'	3957,3	²³² Th	410,369
Stripping 30%, wkt 25'	3957,3	²³² Th	344,501
Stripping 30%, wkt 35'	3957,3	²³² Th	468,051
Stripping 30%, wkt 45'	3957,3	²³² Th	489,263

Tabel 2. Konsentrasi ²²⁸Th. Variasi Waktu Ekstraksi

Ekstraksi	Energi (KeV)	Radio-Isotop	Konsentrasi (mg/L)
Stripping 30%, wkt 05'	5423,8	²²⁸ Th	35,617.10 ⁻⁹
Stripping 30%, wkt 15'	5423,8	²²⁸ Th	25,938.10 ⁻⁹
Stripping 30%, wkt 25'	5423,8	²²⁸ Th	23,861.10 ⁻⁹
Stripping 30%, wkt 35'	ttd	ttd	ttd
Stripping 30%, wkt 45'	ttd	ttd	ttd

Begitu juga pada Tabel 2 ditunjukkan bahwa konsentrasi ²²⁸Th pada waktu ekstraksi



PROSIDING SEMINAR
PENELITIAN DAN PENGELOLAAN PERANGKAT NUKLIR
Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan
Yogyakarta, 26 September 2012

selama 5 menit lebih tinggi dibandingkan dengan waktu ekstraksi selama 25 menit tetapi lebih rendah dari waktu ekstraksi selama 15 menit, sedangkan waktu ekstraksi selama 35 menit dan 45 menit radio isotop ^{228}Th tak terdeteksi, sehingga dapat disimpulkan bahwa konsentrasi ^{228}Th tertinggi pada waktu ekstraksi selama 30 menit, hal ini dapat dilihat pada Tabel 2.

Konsentrasi ^{224}Ra tertinggi justru pada waktu ekstraksi selama 5 menit, kemudian menurun pada waktu ekstraksi selama 15 menit, kemudian 25 menit serta waktu ekstraksi 35 menit dan 45 menit tak terdeteksi, hal ini dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Konsentrasi ^{224}Ra . Variasi Waktu Ekstraksi

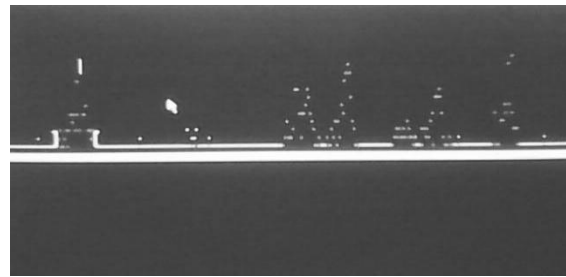
Ekstraksi	Energi (KeV)	Radio-Isotop	Konsentrasi (mg/L)
Stripping 30%, wkt 05'	5688,8	^{224}Ra	$17,267 \cdot 10^{-11}$
Stripping 30%, wkt 15'	5688,8	^{224}Ra	$11,335 \cdot 10^{-11}$
Stripping 30%, wkt 25'	5688,8	^{224}Ra	$10,491 \cdot 10^{-11}$
Stripping 30%, wkt 35'	ttd	ttd	ttd
Stripping 30%, wkt 45'	ttd	ttd	ttd

Konsentrasi ^{212}Po tertinggi terjadi pada waktu ekstraksi selama 15 menit, kemudian menurun terus sampai dengan waktu ekstraksi 25 menit, kemudian 35 menit serta waktu ekstraksi 45 menit, hal ini dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Konsentrasi ^{212}Po . Variasi Waktu Ekstraksi.

Ekstraksi	Energi (KeV)	Radio-Isotop	Konsentrasi (mg/L)
Stripping 30%, wkt 05'	8468,8	^{212}Po	$24,814 \cdot 10^{-24}$
Stripping 30%, wkt 15'	8468,8	^{212}Po	$59,866 \cdot 10^{-24}$
Stripping 30%, wkt 25'	8468,8	^{212}Po	$27,706 \cdot 10^{-24}$
Stripping 30%, wkt 35'	8468,8	^{212}Po	$19,446 \cdot 10^{-23}$
Stripping 30%, wkt 45'	8468,8	^{212}Po	$17,834 \cdot 10^{-23}$

Jika radio nuklida ^{228}Th , ^{224}Ra , ^{212}Po dianggap sebagai pengotor pada ^{232}Th atau dianggap mengurangi kemurnian dari ^{232}Th maka waktu ekstraksi terbaik adalah selama 45 menit dari konsentrasi waktu ekstraksi 5 menit, 15 menit, 25 menit, 35 menit.



Gambar 1 : Spektrum Alpa

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil percobaan dan perhitungan dapat disimpulkan bahwa, larutan hasil digesti pasir monasit variasi waktu ekstraksi mengandung radio isotop ^{232}Th , ^{228}Th , ^{224}Ra , ^{212}Po . Konsentrasi ^{232}Th tertinggi terjadi pada waktu ekstraksi 45 menit yaitu 489, 263 mg/L

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami sampaikan kepada yang terhormat. bapak Prof. Dr. Ir. Agus Taftazani dan Prof. Samin serta ibu Dra Sumining yang telah memberi bimbingan, kesempatan dan mengijinkan penggunaan fasilitas alat dan bahan kepada kami untuk melakukan penelitian ini sampai selesai.

DAFTAR PUSTAKA

1. ANONIM. Draft RENSTRA PTAPB-BATAN 2010-2014, Yogyakarta, Nop.2008
2. ANONIM. ISO 17025-2005, BSN. Jakarta 2007.
3. Rapat Koordinasi Program "Forum Diskusi SDAL". BP-BATAN, Jakarta, November 2008.
4. SIMBOLON, S., ARYADI, NGASIFUDIN, "Metode Analisis Unsur- Unsur Pengotor di Dalam Torium dengan Spektrograf Emisi", Jurnal Nusantara Kimia 93.1.1., 1993.
5. SUSETYO WISNU, "Spektrometri Alpha", Program Pendidikan dan Latihan Instrumentasi Kimia I, Pusat Penelitian Nuklir Yogyakarta Badan Tenaga Atom Nasional, 1983.
6. ANTON J. HARTONO, TOMIJIRO.KANEKO, "Mengenal Pelapisan Logam (Elektroplating)", Andi Offset, Yogyakarta, 1995.
7. WARDHANA, W. A., "Teknologi Nuklir", Andi Offset, Yogyakarta, 2007.
8. MERLIANI, "Analisis Kandungan Torium Dalam Sedimen Laut di Sekitar Pantai Barat Makassar", Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin Makassar, 2001.
9. LEE HO MYUNG, KIM JU CHEOL, BOO HYUN BONG, "Electrodeposition of Alpha-Emitting Nuclides from Ammonium Oxalate-



- Ammonium Sulfate Electrolyte,” Bull. Korean Chem. Soc. 2000, Vol. 21, No.2 pp 175-179.
10. AMOLI H.S. and BARKER S., “Rapid Analysis of Americium and Plutonium in Enviromental Samples by Alpha Spectrometry, Indian Journal of Chemical, Vol 46 A October 2007, pp 1618-1620.
11. IRIANTO BAMBANG, “Optimasi Rendemen Elektrodeposisi ²³²Th dan Anak luruhnya Menggunakan Elektrolit NH₃ pekat dan H₂SO₄ 2M Untuk Spektrometri Alpa” Seminar Nasional Penelitian dan Pengelolaan Perangkat Nuklir, Yogyakarta 27 Juli 2011.
-

TANYA JAWAB

Sihono (PTAPB)

- Apakah anak luruh dan impuritas yang berada di dalam sampel dapat mempengaruhi penampilan spektrum?
- Disamping untuk analisis secara spesifik dengan radionuklida-radionuklida tertentu, apakah juga dapat dianalisis secara gross alpa?

Bambang Irianto

- ✧ *Anak luruh dan impuritas yang berada dalam sampel relatif tidak mempengaruhi bentuk spektrum, karena daya pisahnya cukup jelas.*
- ✧ *Di samping dapat menganalisis secara spesifik radionuklida-radionuklida tertentu, juga dapat dianalisis secara gross alpa.*