

## ANALISIS ISOTOP Cs DALAM PROSES PEMISAHAN Cs DENGAN ZEOLIT MENGGUNAKAN SPEKTROMETRI- $\gamma$

Arif Nugroho, Dian Anggraini, Noviarty

Bidang Pengembangan Radiometalurgi – Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir  
Badan Tenaga Nuklir Nasional  
Kawasan PUSPIPTEK Gedung No.20, Serpong 15314  
Telp. +62 21 7560915, Fax. +62 21 7560909  
Emails: arif52@yahoo.com

### ABSTRAK

Analisis isotop Cs dilakukan dalam proses pemisahan isotop Cs-137 menggunakan zeolit Lampung. Analisis Cs berdasarkan pada metoda ASTM E320-79, yang dimodifikasi. Proses modifikasi meliputi pemisahan Cs melalui ekstraksi menggunakan TBP/OK dan melalui pengendapan langsung sebagai  $\text{CsClO}_4$ , yang selanjutnya diaplikasikan menggunakan zeolit. Pengukuran isotop Cs dilakukan dengan menggunakan spektrometer  $\gamma$ . Hasil analisis Cs-137 melalui pengendapan langsung dengan zeolit diperoleh  $86,40\% \pm 0,1\%$ , sedangkan hasil analisis Cs-137 melalui modifikasi proses pemisahan secara ekstraksi yang dilanjutkan dengan penangkapan oleh zeolit diperoleh rekovery sebesar  $28,05\% \pm 5,28\%$  dan yang melalui modifikasi proses pengendapan secara ASTM diperoleh rekovery sebesar  $52,55\% \pm 1,11\%$ . Dari hasil uji analisis tersebut disimpulkan bahwa penggunaan zeolit secara langsung lebih baik dari pada melalui proses modifikasi.

**Kata kunci :** Analisis Cs-137, Spektrometri- $\gamma$ , Zeolit Lampung, Cs-rekovery

### ABSTRACT

**ANALYSIS OF ISOTOPE Cs ON PROCESSING SEPARATION OF Cs AND ZEOLITE USING SPECTROMETRY- $\gamma$ .** The analysis of Cs-isotope was conducted on separation process of Cs-137 isotope using a Lampung zeolite. Analysis of Cs based on modification of ASTM E320-79 method. Modification process including a Cs separation by extraction using a TBP/OK and by direct sedimentation as  $\text{CsClO}_4$ , which was subsequently applied using a zeolite. Cs-isotope measurement was conducted using spectrometer  $\gamma$ . The result of Cs-137 analysis through the direct sedimentation with zeolite obtained about  $86,40\% \pm 0,1\%$ , while the analysis of Cs-137 by extraction modification separated process which followed by catching zeolite obtained a recovery about  $28,05\% \pm 5,28\%$ , and by modification precipitation process with ASM obtained a recovery about  $52,55\% \pm 1,11\%$ .

**Keywords:** Analysis of Cs-137, Spectrometry- $\gamma$ , Zeolite Lampung, Cs-recovery

### PENDAHULUAN

Zeolit merupakan mineral yang banyak terdapat di dalam batuan yang merupakan lapisan tanah sedimen terbentuk dari timbunan abu vulkano karena adanya letusan gunung berapi. Terbentuknya di alam sangat bergantung pada lingkungan, umur batuan dan kedalaman dari permukaan tanah, sehingga dapat terjadi zeolit dengan jenis yang berlainan dalam batuan yang sama. Zeolit mempunyai sifat yang sangat khas, apabila mengalami dehidrasi. Kristal zeolit akan membentuk rongga yang dapat saling berhubungan dan membentuk 1-3 arah sehingga akan terlihat seperti sangkar. Struktur kristal yang unik ini membuat zeolit

mempunyai kemampuan sebagai absorben. Karakteristik lainnya adalah dapat mempunyai kemampuan sebagai penukar ion secara selektif untuk cesium dan unsur radioaktif lainnya. Zeolit merupakan kristal aluminosilikat terhidrasi yang mengandung kation alkali atau alkali tanah dalam kerangka tiga dimensi. Kerangka dasar struktur zeolit terdiri dari unit tetrahedral  $\text{AlO}_2$  dan  $\text{SiO}_2$  yang saling berhubungan melalui atom O, sehingga zeolit mempunyai rumus empiris sebagai berikut  $x/n \text{ M}^{n+} [(\text{AlO}_2)_x (\text{SiO}_2)_y] \cdot z\text{H}_2\text{O}$ . Komponen pertama  $\text{M}^{n+}$  adalah sumber kation yang dapat bergerak bebas dan dapat dipertukarkan secara sebagian atau secara sempurna oleh kation lain. Sehingga sangat

baik bila digunakan sebagai bahan penukar ion (T.Las, 1989) [1].

Pada setiap proses pengujian elemen bakar nuklir teriradiasi umumnya menghasilkan limbah radioaktif cair dalam jumlah cukup banyak. Kandungan utama dari limbah tersebut sebagian besar adalah unsur-unsur berat sisa uranium dan isotop- isotop hasil fisi diantaranya adalah isotop Cs-137, Cs-134, Sr-90, Ba-137 dan Ce-140. Isotop Cs-137 mempunyai umur paruh panjang dan berbahaya bagi mahluk hidup. Sehubungan dengan hal tersebut muncul beberapa metoda untuk mereduksi atau mengambil isotop Cs-137 diantaranya adalah proses pengendapan kimia, ekstraksi dan pertukaran ion (Sutarti dan Mursi, 1994) [2].

Proses pemisahan isotop Cs dari larutan radioaktif hasil fisi melalui proses penukaran ion telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya menggunakan zeolit murni seperti modernit yang mempunyai diameter rongga  $3 \times 6 \text{ \AA}$ , klinoptilolit sebesar  $6 \times 7 \text{ \AA}$ . Nilai kapasitas tukar kation modernit sebesar 2,29 meq/g dan klinoptilolit sebesar 2,54 meq/g, sehingga dalam ukuran zeolit tersebut dimungkinkan zeolit mampu mengakomodasi kation Cs yang mempunyai diameter  $3,3 \text{ \AA}$ . Hal tersebut ditunjukkan oleh peneliti sebelumnya bahwa zeolit murni tersebut dapat mengambil isotop Cs-137 sampai 94% (Holmes and Pecover, 1987) [3] yang menunjukkan bahwa zeolit murni cukup efektif untuk digunakan dalam larutan radioaktif.

Penggunaan zeolit murni membutuhkan biaya yang cukup banyak dan juga pengadaannya memakan waktu lama sehingga perlu dilakukan penggunaan bahan alternatif seperti zeolit alam yang tersedia cukup banyak di Indonesia. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan pemisahan isotop Cs menggunakan zeolit alam dari Lampung sebagai sumber zeolit yang cukup potensial. Pada penelitian ini akan dilakukan proses pengambilan isotop Cs-137 dari larutan standar radioaktif Cs-137 dengan tujuan untuk mempelajari keefektifan pengambilan isotop Cs-137 dengan zeolit alam dari Lampung. Larutan radioaktif yang dihasilkan dari proses pasca iradiasi banyak mengandung isotop-isotop lain yang memungkinkan mengganggu proses pemisahan isotop Cs-137 dengan zeolit, untuk itu dilakukan proses modifikasi metode ASTM E320-79 (Dian

Anggraini, *et al.*, 2001) [4]. Berdasarkan ASTM E320-79 proses pemisahan isotop melalui proses ekstraksi yang dilanjutkan dengan proses pengendapan menggunakan  $\text{HClO}_4$ . Hasil dari proses ini kemudian diterapkan untuk mengetahui efektifitas kemampuan zeolit menyerap isotop Cs-137 sebagai modifikasi metode ASTM E320-79. Selain itu dilakukan pula proses pengendapan langsung tanpa melalui ekstraksi. Hal ini dilakukan berdasarkan hipotesa bahwa zeolit selektif terhadap isotop Cs-137.

## TATA KERJA

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah larutan standar Cs-137, zeolit Lampung, larutan  $\text{HClO}_4$  sebagai bahan pembentuk endapan  $\text{CsClO}_4$ , Air bebas mineral sebagai bahan pencuci endapan dan pelarut, dan Aseton sebagai bahan penyerap air/pengering endapan  $\text{CsClO}_4$  yang terbentuk, serta  $\text{CsNO}_3$  sebagai *carrier*

Peralatan yang digunakan adalah spectrometer gamma dari EG dan G ORTEC dengan detector HPGE, labu takar, tabung ekstraksi dan tabung reaksi.

Langkah kerja yang pertama adalah sebanyak 50  $\mu\text{l}$  larutan standar Cs-137 dimasukkan ke dalam labu takar 10 ml, ditambah dengan 200,3 mg  $\text{CsNO}_3$  selanjutnya dilarutkan dengan aquadest sampai dengan 10 ml. Hasil larutan induk ini kemudian dibagi menjadi 4 bagian dan ditimbang yang nantinya akan dilakukan modifikasi proses pemisahan secara ekstraksi dan pengendapan secara duplo. Radioaktivitas  $\gamma$  dari isotop Cs mula-mula diukur menggunakan spectrometer  $\gamma$ . Langkah selanjutnya dilakukan sebagai berikut:

1. Proses pemisahan secara ekstraksi yang dilanjutkan dengan penangkapan oleh zeolit

Sejumlah  $\pm 2,5 \text{ g}$  larutan induk Cs-137 dimasukkan kedalam tabung ekstraksi kemudian diekstraksi menggunakan TBP/OK sebanyak 2 ml selama 10 menit pada alat ekstraktor dengan kecepatan 1000 rpm. Dipisahkan fase organikya, selanjutnya fase airnya diekstraksi kembali menggunakan TBP/OK sebanyak 2 ml dan diulangi lagi ekstraksi menggunakan TBP/OK sebanyak 1 ml. Fase air yang diperoleh kemudian ditambah  $\text{HClO}_4$  sebanyak 2 ml dalam media air dingin (*ice bath*). Proses ini dilakukan selama 1 jam, selanjutnya endapan  $\text{CsClO}_4$

yang terbentuk dipisahkan dari cairannya dan dicuci dengan aquadest dan aceton. Endapan  $\text{CsClO}_4$  kering yang diperoleh dilarutkan dalam 5 ml aquadest sampai larut, ditambah 1 g zeolit lampung diaduk selama 1 jam kemudian dilakukan pengujian Cs yang telah terserap oleh zeolit. Dengan cara endapan zeolit-Cs-137 dipisahkan dari cairannya kemudian dikeringkan dan radioaktivitas  $\gamma$  dari isotop Cs diukur menggunakan spectrometer  $\gamma$ .

2. Proses pemisahan secara pengendapan yang dilanjutkan dengan penangkapan oleh zeolit

Sejumlah  $\pm 2,5$  g larutan induk Cs-137 dimasukkan kedalam tabung reaksi, ditambah  $\text{HClO}_4$  sebanyak 2 ml dalam media air dingin (*ice bath*). Proses ini dilakukan selama 1 jam, selanjutnya endapan  $\text{CsClO}_4$  yang terbentuk dipisahkan dari cairannya dan dicuci dengan aquadest dan aceton. Endapan  $\text{CsClO}_4$  kering yang diperoleh dilarutkan dalam 5 ml aquadest sampai larut, ditambah 1 g zeolit lampung diaduk selama 1 jam kemudian dilakukan pengujian Cs yang telah terserap oleh zeolit. Dengan cara endapan zeolit-Cs-137 dipisahkan dari cairannya kemudian dikeringkan dan radioaktivitas  $\gamma$  dari isotop Cs diukur menggunakan spectrometer  $\gamma$ .

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini hasil analisis Cs-137 melalui modifikasi proses pemisahan secara ekstraksi secara ASTM yang dilanjutkan dengan penangkapan oleh zeolit diperoleh rekovery sebesar  $28,05\% \pm 5,28\%$  dan yang melalui modifikasi proses pengendapan diperoleh rekovery sebesar  $52,55\% \pm 1,11\%$ . Hasil tersebut lebih rendah dibandingkan dengan melalui pengendapan langsung menggunakan zeolit murni yaitu sebesar  $86,40\% \pm 0,1\%$ . Hal ini disebabkan karena pada proses pengendapan  $\text{CsClO}_4$  melalui ekstraksi dan pengendapan langsung  $\text{CsClO}_4$  ada sejumlah tertentu Cs yang hilang didalam proses ekstraksi dan proses pengendapan  $\text{CsClO}_4$ . Ada beberapa proses yang dimungkinkan menyebabkan berkurangnya jumlah isotop Cs-137:

1. Proses ekstraksi, dimana jumlah isotop Cs-137 yang terambil dalam fase air berkurang karena ada sejumlah tertentu isotop Cs-137 yang terserap dalam fase organik sehingga menyebabkan efisiensi ekstraksi berkurang ( $\leq 100\%$ ). Nilai efisiensi ekstraksi dapat dilihat pada Tabel 1.
2. Proses Pengendapan  $\text{CsClO}_4$ , kemungkinan suhu proses pengendapan  $\text{CsClO}_4$  dalam tabung reaksi kurang sempurna pada suhu  $0^\circ\text{C}$ , yang menyebabkan adanya  $\text{CsClO}_4$  yang terlarut dalam larutan menyebabkan efisiensi proses pengendapan menjadi rendah. Nilai Efisiensi pengendapan  $\text{CsClO}_4$  dapat dilihat pada Tabel 1 & 2. Persamaan reaksi yang terjadi adalah :  
$$\text{CsNO}_3 + \text{HClO}_4 \rightarrow \text{CsClO}_4 (\text{solidus}) + \text{HNO}_3$$

Endapan  $\text{CsClO}_4$  memiliki daya larut pada temperatur  $25^\circ\text{C}$  sebesar 1,974 g/100 ml dan pada temperatur  $0^\circ\text{C}$  sebesar 0,8 g/100 ml. Hal ini menunjukkan bahwa pada temperatur  $0^\circ\text{C}$  jumlah  $\text{CsClO}_4$  yang terlarut lebih rendah dari pada temperatur kamar sehingga dimungkinkan pada temperatur rendah proses pengendapan  $\text{CsClO}_4$  akan lebih sempurna. Fenomena tersebut menjadikan dasar dalam metode ini yang menetapkan kondisi proses pengendapan dalam analisis isotop Cs-137 pada temperatur rendah ( $0^\circ\text{C}$  atau dibawah titik beku air yaitu  $4^\circ\text{C}$ ).
3. Proses penyerapan zeolit terhadap isotop Cs-137. Pada proses ini waktu kontak dan kecepatan pengadukan berpengaruh pada proses penyerapan zeolit. Terlihat pada Tabel 1 & 2 efisiensi penyerapan zeolit terhadap isotop Cs-137 antara 70% sampai dengan 91%, hal ini menunjukkan bahwa ada sebagian isotop Cs-137 yang belum sepenuhnya terikat dalam zeolit.

Pada penelitian ini nilai rekovery penyerapan isotop Cs-137 menggunakan zeolit alam Lampung lebih kecil dibandingkan dengan menggunakan zeolit murni (94%).

**Tabel 1.** Data efisiensi dan rekoveri modifikasi proses pemisahan secara ekstraksi

| Uraian                                        | Pengulangan |        | Rerata             |
|-----------------------------------------------|-------------|--------|--------------------|
|                                               | Pertama     | Kedua  |                    |
| Cacahan larutan awal Cs-137, cps              | 46,986      | 40,986 |                    |
| Cacahan Cs-137 dalam fase air, cps            | 43,334      | 35,368 |                    |
| Efisiensi proses ekstraksi, %                 | 92,23%      | 86,29% | 89,26% $\pm$ 4,20% |
| Cacahan Cs-137 dalam CsClO <sub>4</sub> , cps | 15,798      | 17,088 |                    |
| Efisiensi proses pengendapan, %               | 36,46%      | 48,31% | 42,39% $\pm$ 8,38% |
| Cacahan Cs-137 dalam zeolit, cps              | 11,426      | 13,026 |                    |
| Efisiensi proses penyerapan dalam zeolit, %   | 72,32%      | 76,23% | 74,28% $\pm$ 2,76% |
| Rekoveri, %                                   | 24,32%      | 31,78% | 28,05% $\pm$ 5,28% |

**Tabel 2.** Data efisiensi dan rekoveri modifikasi proses pemisahan secara pengendapan langsung

| Uraian                                        | Pengulangan |         | Rerata             |
|-----------------------------------------------|-------------|---------|--------------------|
|                                               | Pertama     | Kedua   |                    |
| Cacahan larutan awal Cs-137, cps              | 44,766      | 45,936  |                    |
| Cacahan Cs-137 dalam CsClO <sub>4</sub> , cps | 25,6232     | 26,7196 |                    |
| Efisiensi proses pengendapan, %               | 57,24%      | 58,17%  | 57,71% $\pm$ 0,66% |
| Cacahan Cs-137 dalam zeolit, cps              | 23,8756     | 23,7756 |                    |
| Efisiensi proses penyerapan dalam zeolit, %   | 93,18%      | 88,98%  | 91,08% $\pm$ 2,97% |
| Rekoveri, %                                   | 53,33%      | 51,76%  | 52,55% $\pm$ 1,11% |

Hal ini disebabkan karena komposisi zeolit alam lebih kompleks sehingga kurang selektif terhadap isotop Cs-137. Proses pengendapan melalui modifikasi ini dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan factor koreksi pada analisis isotop Cs dalam larutan bahan bakar nuklir pasca iradiasi.

## KESIMPULAN

Hasil analisis Cs-137 melalui pengendapan langsung dengan zeolit diperoleh 86,40%  $\pm$  0,1%, sedangkan hasil analisis Cs-137 melalui modifikasi proses pemisahan secara ekstraksi yang dilanjutkan dengan penangkapan oleh zeolit diperoleh rekoveri sebesar 28,05%  $\pm$  5,28% dan yang melalui modifikasi proses pengendapan secara ASTM diperoleh rekoveri sebesar 52,55%  $\pm$  1,11%. Dari hasil uji analisis tersebut disimpulkan bahwa penggunaan zeolit Lampung secara langsung lebih baik dari pada melalui proses modifikasi.

## DAFTAR PUSTAKA

1. T.Las. 1989. "Use of Natural Zeolite for Nuclear Waste Treatment". PhD Thesis, Salford Univercity. The United Kingdom.
2. Sutarti dan Mursi. 1994. "Zeolit: Tinjauan Literatur". Pusat Dokumen Dan Informasi Ilmiah.S
3. G.G Holmes, S.R.Pecover. 1987. "Natural Zeolite". Department of Mineral Resources.
4. Dian Anggraini, Siti amini, Yusf Nampira, Novarty. 2001. "Pemanfaatan Zeolit Lampung Untuk Penukar Kation Cs Dari Larutan Radioaktif Hasil Fisi". Prosiding Presentasi Ilmiah Daur Bahan Bakar Nuklir VI. Jakarta, 7-8 Nopember.