

## KAPASITAS PENUKARAN ION Cs DARI ZEOLIT BAYAH, LAMPUNG DAN TASIKMALAYA

Noviarty\*, Dian Anggraini, dan Arif Nugroho

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: artynov@yahoo.co.id\*

### ABSTRAK

Proses pertukaran ion Cs telah dilakukan terhadap zeolit alam (dari Bayah Lampung dan Tasikmalaya) yang telah diaktifasi dengan ammonium klorida.  $\text{NH}_4$ -zeolit yang terbentuk digunakan untuk bahan penukar/penyerap ion Cs. Lamanya proses penukaran ion dioptimasi dengan memvariasikan waktu pengadukan dari 1 jam, 2jam, 3jam, 4jam, 5jam, dan 24jam. Pada ketiga jenis zeolit tersebut diperoleh waktu optimasi proses yaitu pada waktu kontak 1jam. Kapasitas Tukar Kation (KTK) zeolit alam ditentukan secara metoda standar. Upaya untuk mendapatkan monokationik zeolit sebagai  $\text{NH}_4$ -zeolit secara efektif diperoleh sekitar 88%, yang dijadikan sebagai bahan penukar/penyerap ion Cs. Kapasitas tukar efektif ion Cs dengan amonium ditentukan dengan cara *batch-exchange* selama 1 jam. Hasil perhitungan KTK-Cs efektif diperoleh. 1.4269 Meq/gram  $\pm$  0.0397, RSD: 2.79% untuk zeolit Bayah, 1.4476 Meq/gram  $\pm$  0.0103, RSD: 0.71% untuk zeolit lampung, 1.4044 Meq/gram  $\pm$  0.0050, RSD: 0.36% untuk zeolit Tasikmalaya. Kestabilan ikatan Cs-zeolit terhadap perlakuan panas diuji pada suhu 25, 300, 600, 900 dan 1200 °C. Hasil uji menunjukkan bahwa adanya pelepasan ion Cs yang tidak signifikan dari struktur Zeolit. Pemanasan di bawah suhu 900°C pelepasan ion Cs hanya terjadi pada permukaan saja (tidak mengubah struktur awal zeolit), sedangkan di atas suhu tersebut terjadi perubahan struktur zeolite walaupun tidak terlihat adanya pelepasan ion Cs dalam proses leachingnya dengan air. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa ketiga jenis zeolite alam tersebut berpotensi untuk digunakan sebagai bahan isolasi ion Cs, yang terutama berguna untuk menyerap isotop Cs-radioaktif sebagai hasil fisi elemen bakar nuklir.

**Kata kunci:** Zeolit alam, Kapasitas Penukaran Kation, Penukaran ion Cs/ $\text{NH}_4$ , XRD.

### ABSTRACT

**Cs ION EXCHANGE CAPACITY OF ZEOLITE BAYAH, LAMPUNG, AND TASIKMALAYA.** Cs ions exchange process has been conducted on natural zeolite (from Bayah, Lampung, and Tasikmalaya) which was activated with ammonium chloride.  $\text{NH}_4$ -zeolite which was formed, is used to exchanger or absorber material of Cs ions. The duration of ions exchange process was optimized by varying the stirring time of 1 hours, 2 hours, 3 hours, 4 hours, 5 hours, and 24 hours. In all three zeolite types was obtained the optimization process time are the contact time of 1 hours. Cation exchange capacity (CEC) of natural zeolite was determined by standard methods. Attempts to obtain a monocation zeolite as a  $\text{NH}_4$ -zeolite effectively acquired about 88% which used as a exchanger or absorber Cs ions. The effectiveness of Cs ions Cation exchange capacity with the ammonium was determined by batch-exchange for 1 hour. The calculation result o effectiveness CEC-Cs are 1.4269 Meq/gram  $\pm$  0.0397, RSD: 2.79% for Bayah zeolite, 1.4476 Meq/gram  $\pm$  0.0103, RSD: 0.71% for Lampung zeolite, 1.4044 Meq/gram  $\pm$  0.0050, RSD: 0.36% for Tasikmalaya zeolite. Stability of Cs-zeolite bond against heat treatment was tested at temperature of 25°, 300°, 600°, 900°, and 1200 °C. The result showed that the release of Cs-ions is not significant from zeolite structure. The heating below 900°C, the release of Cs-ions just occurs on the surface (it was not change the initial of zeolite structure), whereas above that temperature was occurs the changed of zeolite structure, although there was not visible the release of Cs-ions on leaching process at the water. The conclusion is all three types of natural zeolite was potentially to be used as Cs-ions isolate which is especially useful to absorbing Cs-radioactive isotope as a result from fission of nuclear fuel element.

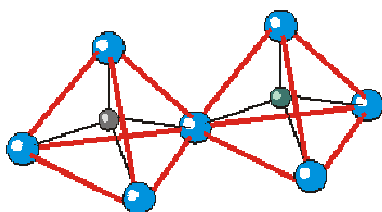
**Keywords:** natural zeolite, cation exchange capacity, ion exchange Cs/ $\text{NH}_4$ , XRD.

## PENDAHULUAN

Mineral alam zeolit yang merupakan senyawa aluminosilikat dengan struktur sangar ("framework") tiga dimensi dan menunjukkan sifat penukar ion, sorpsi, "molecular sieving" dan katalis sehingga memungkinkan digunakan dalam pengelolaan limbah industri dan limbah nuklir.<sup>[1]</sup>

Zeolit mempunyai sifat sebagai penukar kation, penyaring molekul dan penyerap air. Oleh sebab sifatnya tersebut, maka zeolit banyak digunakan sebagai bahan pengering. Mineral zeolit dapat ditemukan di beberapa wilayah di Indonesia seperti daerah Bayah, Lampung dan Tasikmalaya dalam jumlah besar dan harga murah. Komposisi mineral zeolit ini rata-rata hampir sama yaitu SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>O, TiO<sub>2</sub>, MgO, CaO, Na<sub>2</sub>O, umumnya perbedaan antara sumber/deposit yang satu dengan yang lainnya adalah dalam jumlah kandungan, porositas serta kemampuan tukar kation (KTK).<sup>[1,2]</sup>

Kemampuan pertukaran ion (ada kalanya dengan istilah kemampuan penyerapan ion atau sorpsi) zeolit merupakan parameter utama dalam menentukan kualitas zeolit yang akan digunakan sebagai penukar kation, biasanya dikenal sebagai KTK.



**Gambar 1.** Tetrahedra alumina dan silika (TO<sub>4</sub>) pada struktur zeolit

KTK adalah jumlah meq ion logam yang dapat diserap maksimum oleh 1 gram zeolit dalam kondisi kesetimbangan. Kemampuan tukar kation dari zeolit bervariasi dari 1.5 sam 6 meq/g.

Nilai KTK zeolit ini banyak tergantung pada jumlah atom Al dalam struktur zeolit, yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan KTK batuan lempung. Seperti kaolinit (0.03-0.15 meq/g), bentonit (0.80-1.50 meq/g) dan vermikulit (1-1.5 meq/g).<sup>[1]</sup>

Pada proses penukaran ion adakalanya terjadi proses sorpsi, proses terakhir ini dapat dibedakan dari proses tukar kation dengan

cara mengeluarkan kembali kation yang terserap itu menggunakan air (*leaching* proses).

Analisis kapasitas penukaran ion Cs dengan zeolit Bayah, Lampung dan Tasikmalaya dilakukan terhadap senyawa CsCl. dengan memvariasikan waktu kontak. Dari analisis ini akan diperoleh nilai kapasitas penukaran ion dan waktu kontak untuk penyerapan cesium. Sedangkan kemampuan zeolit dalam penyerapan cesium digambarkan dalam besaran nilai KTK yang diperoleh. Nilai KTK dihitung dengan menggunakan rumus:<sup>[2]</sup>

$$\text{KTK} = \frac{\text{BA} - \text{BS}}{\text{Z}} \times \text{meq/g zeolit}$$

Dimana :

- B<sub>A</sub> = Jumlah meq Cesium Awal
- B<sub>S</sub> = Jumlah meq Cesium setelah proses penukaran ion
- Z = Berat Zeolit yang mengalami proses penukaran

## METODE PENELITIAN

### Bahan yang Digunakan

Bahan yang digunakan dalam kegiatan ini adalah senyawa CsClO<sub>4</sub> sebagai bahan *sample*. Zeolit Lampung, Bayah dan Tasikmalaya sebagai bahan penukar ion, Larutan HClO<sub>4</sub> sebagai bahan pembentuk endapan, Air bebas mineral sebagai bahan pencuci endapan dan pelarut, dan Aseton sebagai bahan penyerap air/pengering endapan CsClO<sub>4</sub> yang terbentuk.

### Peralatan yang Digunakan

Peralatan yang digunakan adalah peralatan gelas seperti *beaker glass* dan tabung reaksi *Seakher* (pengaduk), *Timer*, *EsBath*, *centrifuge*, dan timbangan.

### Cara Kerja

Sebagai bahan untuk penukar kation terlebih dahulu dilakukan aktivasi zeolit alam (dari Bayah, Lampung dan tasikmalaya) dengan amonium khlorida untuk membentuk monokation zeolit. Zeolit yang terbentuk digunakan untuk bahan penukar/penyerap ion Cs. Lamanya proses penukaran ion dioptimasi dengan memvariasikan waktu pengadukan dari 1 jam, 2 jam, 3 jam, 4 jam, 5 jam, dan 24 jam, pada ketiga jenis zeolit

tersebut. Setelah diperoleh waktu optimasi, proses kapasitas tukar efektif ion Cs dengan amonium ditentukan dengan cara *batch-exchange* pada waktu optimum yang diperoleh (selama 1 jam) dengan zeolit alam menggunakan metoda standar.

Sebagai bahan sumber Cs, ditimbang senyawa  $CsClO_4$  sebanyak 2,5 gram kemudian dilarutkan dengan 100ml air bebas mineral (Larutan induk), pada keadaan setelah larut diambil 2 ml larutan (duplo) kemudian diendapkan dengan  $HClO_4$ . Endapan yang terbentuk dicuci dengan air bebas mineral dan aseton. Setelah endapan kering ditimbang (diperoleh berat Cs awal). Selanjutnya ditambahkan 100 ml larutan  $CsClO_4$  sejumlah 5 gram zeolit kemudian diaduk selama 1 jam, setelah 1 jam dilakukan pengujian Cs yang telah terserap oleh zeolit. Dengan menentukan jumlah Cs yang ada dalam supernatannya dengan cara mengambil larutan bening (*supernatant*) sebanyak 2 ml (duplo) dan mengendapkannya sebagai  $CsClO_4$  dalam penangas es<sup>[3,4]</sup>. Endapan yang terbentuk dicuci, dikeringkan dan ditimbang (diperoleh Berat Cs yang tidak terserap zeolit). Hal yang sama dilakukan pada ketiga jenis zeolit Bayah Lampung dan Tasikmalaya dengan waktu pengadukan yang bervariasi dari 1 hingga 24 jam.

Selanjutnya dilakukan uji kestabilan ikatan Cs-zeolit terhadap perlakuan panas, suhu uji dilakukan pada 25 °C, 300 °C, 600 °C, 900 °C,

dan 1200°C. Setelah zeolit dipanaskan pada suhu yang telah ditentukan dilakukan leaching (menggunakan air dalam proses *batch-exchange*) terhadap Cs-zeolit menggunakan alat *X-Ray Diffraction (XRD)* dan diamati perubahan struktur yang terjadi.

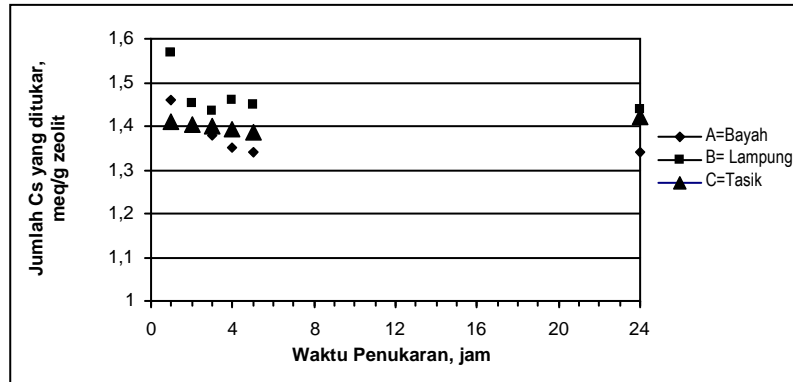
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada optimasi lama penukaran ion Cs terhadap  $NH_4$ -zeolite (zeolit alam dari Bayah Lampung dan Tasikmalaya yang telah diaktifasi dengan ammonium khlorida) dengan memvariasikan waktu pengadukan dari 1 jam, 2 jam, 3 jam, 4 jam, 5 jam, dan 24 jam diperoleh waktu optimasi proses pada waktu kontak 1 jam, pada waktu kontak lebih dari 1 jam terlihat bahwa terjadi penurunan nilai mili ekuivalen ion Cs yang dipertukarkan oleh ammonium zeolit, seperti yang ditunjukkan dalam tabel 1.

Dari gambar 1 terlihat bahwa penurunan nilai penurunan mili ekuivalen ion Cs yang dipertukarkan oleh ammonium zeolit cukup tajam pada waktu pengadukan sampai dengan 1 jam baik untuk zeolit dari bayah ataupun dari zeolit lampung. Sedangkan pada zeolit dari tasikmalaya, penurunan penukaran ion Cs dengan amonium zeolit tidak begitu signifikan walaupun pengadukan diteruskan hingga 24 jam. Seperti ditunjukkan dalam gambar 1.

**Tabel 1.** Data Hasil Optimasi Lama Penukaran Ion Cs terhadap  $NH_4$ -zeolit

Waktu Pengadukan (jam)	Zeolit Bayah (meq/gram)	Zeolit Lampung (meq/jam)	Zeolit Tasik (meq/jam)
0	0	0	0
1	1,46	1,57	1,41
2	1,40	1,45	1,40
3	1,38	1,44	1,40
4	1,35	1,46	1,39
5	1,34	1,45	1,38
24	1,34	1,44	1,42



**Gambar 1.** Hubungan Waktu penukaran NH<sub>4</sub>-zeolit dengan Jumlah ion Cs yang dipertukarkan

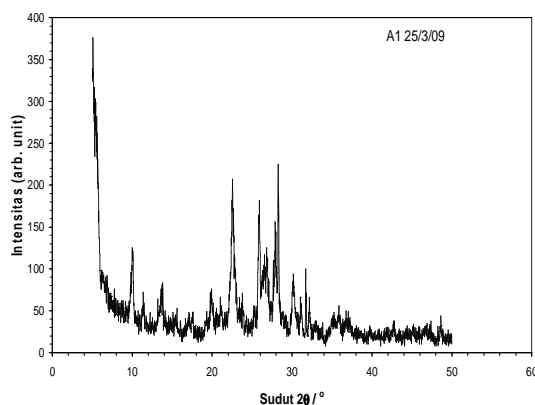
Selanjutnya. Kapasitas tukar efektif ion Cs dengan amonium ditentukan dengan cara *batch-exchange* selama 1 jam. Hasil perhitungan KTK-Cs efektif diperoleh. 1.4269 Meq/gram  $\pm$  0.0397, RSD: 2.79% untuk zeolit Bayah, 1.4476 Meq/gram  $\pm$  0.0103, RSD: 0.71% untuk. zeolit lampung, 1.4044 Meq/gram  $\pm$  0.0050, RSD: 0.36% untuk zeolit

Tasikmalaya, seperti ditunjukkan dalam Tabel 2.

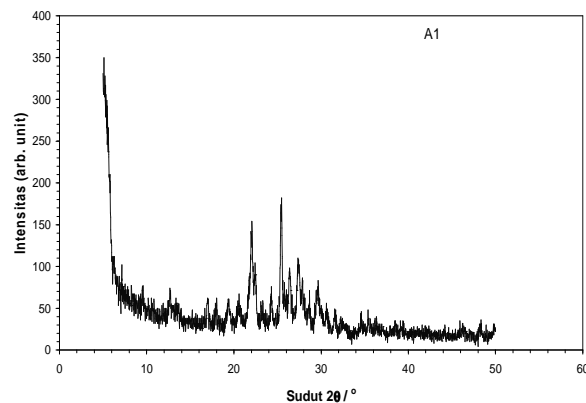
Kestabilan ikatan Cs-zeolit terhadap perlakuan panas diuji pada suhu 25, 300, 600, 900 dan 1200 °C. dan pengamatan perubahan struktur zeolit yang terjadi dilakukan dengan menggunakan alat x-ray difraksi (XRD).

**Tabel 2.** Data Hasil Perhitungan Nilai KTK

Jenis Zeolit	Meq/gram	Rerata Meq/gram	Std Deviasi	RSD:,%
A: Bayah	1,4601	1,4269	0,0397	2,79%
	1,4377			
	1,3829			
B: Lampung	1,4536	1,4476	0,0103	0,71%
	1,4536			
	1,4358			
C: Tasik	1,4094	1,4044	0,0050	0,36%
	1,4044			
	1,3994			



**Gambar 2.** Struktur Kristal Zeolit Sebelum Pemanasan 900°C



**Gambar 3.** Struktur Kristal Zeolit Setelah Pemanasan 900°C

Hasil uji menunjukkan bahwa adanya pelepasan ion Cs yang tidak signifikan dari struktur Zeolit hanya terjadi pada permukaan saja (tidak mengubah struktur awal zeolit) jika pemanasan di bawah suhu 900°C. Sedangkan di atas suhu tersebut, terjadi perubahan struktur zeolite, walaupun tidak terlihat adanya pelepasan ion Cs dalam proses *leaching* dengan air.

## KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa proses pertukaran ion Cs yang telah dilakukan terhadap zeolit alam (dari Bayah Lampung dan Tasikmalaya) yang telah diaktifasi diperoleh waktu optimasi proses pada waktu kontak 1jam. Kapasitas tukar efektif ion Cs dengan amonium ditentukan dengan cara *batch-exchange* selama 1 jam. Hasil perhitungan KTK-Cs efektif diperoleh. 1.4269 Meq/gram  $\pm$  0.0397, RSD: 2.79% untuk zeolit Bayah, 1.4476 Meq/gram  $\pm$  0.0103, RSD: 0.71% untuk. zeolit lampung, 1.4044 Meq/gram  $\pm$  0.0050, RSD: 0.36% untuk zeolit Tasikmalaya. Sedangkan kestabilan ikatan Cs-zeolit terhadap perlakuan panas yang diuji pada suhu 25, 300, 600, 900, dan 1200 °C, menunjukkan bahwa adanya pelepasan ion Cs yang tidak signifikan dari struktur Zeolit hanya terjadi pada permukaan saja (tidak mengubah

struktur awal zeolit) jika pemanasan di bawah suhu 900°C. Sedangkan di atas suhu 900°C, terjadi perubahan struktur zeolite, walaupun tidak terlihat adanya pelepasan ion Cs dalam proses *leaching* dengan air.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Las, T. 2008. Potensi Zeolit untuk Mengolah Limbah Industri dan Radioaktif. (Online), (<http://www.batan.go.id/ptlr/08id/?q=node/14>, diakses 11 Maret 2009)
2. Amini, Siti. 2007. Penentuan Burn up Bahan Bakar Dispersi U3O8–Al, Laporan Teknis, PTBN- BATAN.
3. American Standard Test Methods ASTM-E 320-79. 1990. , Standard Test Methods for Cesium-137 in Nuclear Fuel Solutions by Radiochemical Analysis, Standard Test Method For Nuclear Material, USA, Vol. 12.1.
4. American Standard Test Methods, ASTM-E 692-00. 2000. Standard Test Methods for Determining the content of cesium-137 in irradiated nuclear fuels by high resolution gamma-ray spectral analysis, Standard Test Method For Nuclear Material, USA, Vol. 12.1.