Akreditasi LIPI Nomor : 536/D/2007
Tanggal 26 Juni 2007

STUDI PENYERAPAN Cs-137 OLEH NANOKOMPOSIT OKSIDA BESI BENTONIT

Hanafi Kamarz[1], Adel Fisli[2] dan Sugeng Purnomo[1]
[1]Pusat Teknologi Limbah Radioaktif (PTLR)-BATAN
Kawasan Puspiptek, Serpong 15314
[2]Pusat Teknologi Bahan Industri Nuklir (PTBIN)-BATAN
Kawasan Puspiptek, Serpong 15314

ABSTRAK

STUDI PENYERAPAN Cs-137 OLEH NANOKOMPOSIT OKSIDA BESI BENTONIT. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui sifat penyerapan berbagai variasi nanokomposit oksida besi dengan bentonit terhadap kontaminan radionuklida Cs-137 dalam larutan. Komposisi nanokomposit oksida besi bentonit divariasikan berdasarkan perbandingan berat (w/w): 1:0 ; 3:1 ; 2:1 ; 3:2 ; 1:1 ; 1:2 dan 0:1. Penyerapan dilakukan dengan sistem *bath* , dimana 50 mg dari masing-masing nanokomposit dimasukkan ke dalam 10 mL *aquadest* sehingga membentuk suspensi. Pada setiap komposisi suspensi ditambahkan larutan Cs-137 dengan variasi volum sehingga diperoleh larutan dengan aktifitas kontaminan masing-masing 160 Bq/mL, 140 Bq/mL, 120 Bq/mL, 100 Bq/mL, 80 Bq/mL dan 40 Bq/mL. Setelah dikocok selama 24 jam, partikel nanokomposit dipisahkan dari larutannya dengan lempengan magnet permanen. Cacah sinar-β dari larutan sebelum dan sesudah penyerapan dihitung dengan *LSC* (*Liquid Scintillation Counter*). Hasil analisis dari data ini memberikan penyerapan terbaik (87,69 hingga 93,07) % dicapai oleh nanokomposit 3:1 dan diikuti oleh nanokomposit 1:0 (71,78 hingga 82,00) %. Sedangkan untuk nanokomposit yang lain 2:1 (37,99 hingga 47,90) %; 3:2 (36,40 hingga 38,96) %; 1:2 (19,93 hingga 22,91) %; 1:1 (19,61 hingga 20,83) % dan 0:1 (05,22 hingga 11,05) %. Dapat disimpulkan bahwa baik oksida besi maupun bentonit dapat menyerap Cs-137 sedang untuk nanokomposit oksida besi bentonit dapat meningkatkan kemampuan penyerapan tersebut yang terdapat dalam larutan kontaminan.

Kata kunci : Bentonit, Oksida besi, Nanokomposit, Radionuklida Cs-137, Penyerapan

ABSTRACT

STUDY OF Cs-137 ADSORPTION BY IRON OXIDE BENTONITE NANOCOMPOSITE. The aim of this research is to get the adsorption characteristics of various compositions of iron oxide-bentonite nanocomposite to Cs-137 radionuclide contaminant solution. The composition of iron oxide-bentonite nanocomposite was varied by the weight ratio (w/w) : 1:0 ; 3:1 ; 2:1 ; 3:2 ; 1:1 ; 1:2 and 0:1. Adsorption carried out using bath system where 50 mg of each nanocomposite was suspended to 10 ml aquadest. Each nanocomposite suspension were then added by Cs-137 solution with varied volume to obtain end-solution having activity of 160; 140; 120; 100; 80 and 40 Bq/ml. After being shook for 24 hours, nanocomposite particles were separated from the solution using permanent magnet plate. β-ray counting of solution before and after adsorption process were measured using LSC (Liquid Scintillation Counter). Analyzing result of the data give the best adsorption is reached by nanocomposite 3:1 of (87.69-93.07) % , followed by nanocomposite 1:0 (71.78-82.10) %. Where as for the other nanocomposite 2:1 (37.99–47.90) %; 3:2 (36.40–38.96) %; 1:2 (19.93–22.91) %; 1:1 (19.61–20.83) % and 0:1 (05.22–11.05) %. It is concluded that both iron oxide and bentonite can adsorb Cs-137 in the contaminant solution.

Key words : Bentonite, Iron oxide, Nanocomposite, Cs-137 radionuclide, Adsorption

PENDAHULUAN

Sejalan dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi nuklir, pemanfaatan tenaga nuklir semakin meluas di bidang penelitian, pertanian, kesehatan dan industri. Pemanfaatan tenaga nuklir, di samping mengandung segi positif bagi peningkatan kesejahteraan dan kemakmuran rakyat, juga mempunyai potensi bahaya radiasi terhadap pekerja, anggota masyarakat dan lingkungan hidup. Sumber potensi bahaya radiasi tersebut antara lain berasal dari limbah radioaktif yang ditimbulkan dari pengoperasian instalasi nuklir dan

Edisi Khusus Oktober 2007, hal : 187 - 190
ISSN : 1411-1098

fasilitas radiasi. Limbah radioaktif perlu dikelola untuk menghindari potensi bahaya dan dampaknya terhadap pekerja, anggota masyarakat dan lingkungan hidup [1].

Perkembangan industri di sektor non nuklir juga berkembang dengan pesat. Sektor ini juga, selain memberikan dampak positif terhadap pembangunan bangsa Indonesia, ternyata juga menimbulkan dampak negatif berupa pencemaran lingkungan hidup akibat limbah bahan bahaya dan beracun (B-3) yang ditimbulkannya. Limbah tersebut dapat mencemari air permukaan dan air tanah, terutama limbah yang tidak dikelola dengan baik. Untuk mengatasi dampak limbah tersebut di atas telah dilakukan beberapa upaya pengelolaan limbah [2].

Dalam teknologi pengolahan limbah cair, baik itu limbah nuklir ataupun non nuklir, metoda yang paling umum digunakan adalah metode penyerapan. Kualitas bahan penyerap (*adsorbent*) harus memenuhi persyaratan di antaranya; kapasitas penyerapan dan kestabilan tinggi, mudah didapat, sederhana, murah atau dapat diregenerasi dan yang paling penting adalah hasil proses tidak memberikan polusi atau dampak yang merugikan bagi lingkungan dan masyarakat [1,2].

Salah satu alternatif bahan penyerap yang menarik dan mulai banyak dikembangkan adalah bahan mineral alam seperti bentonit. Bentonit adalah suatu bahan batuan yang berasal dari debu vulkanik, yang banyak mengandung montmorillonit. Montmorillonit banyak digunakan untuk bahan kosmetik, keramik, semen, cat, juga dapat digunakan dalam bahan obat-obatan sebagai bahan penawar untuk keracunan akibat logam berat.

Bahan ini sangat sesuai digunakan untuk menjawab permasalahan diatas, karena bentonit mempunyai luas permukaan yang tinggi sehingga kapasitas serapnya tinggi, mudah diperoleh, tidak mahal, mudah disiapkan, tidak menimbulkan polusi setelah proses dan mempunyai kestabilan yang tinggi [3]. Montmorilonit juga memiliki sifat koloid yang tinggi, ukurannya dapat membesar sampai beberapa kali lipat jika kontak dengan air dan membentuk suspensi sehingga susah dipisahkan dari air [4].

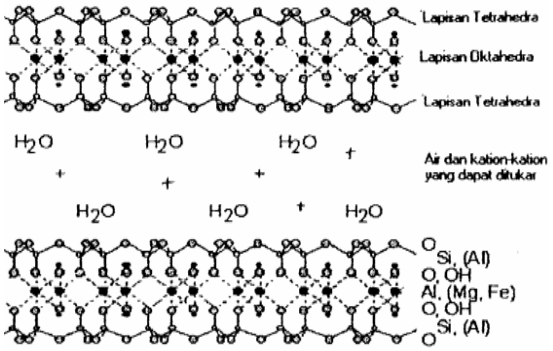
Tujuan penelitian ini adalah melihat sejauh mana penyerapan sesium (Cs) yang terdapat dalam limbah nuklir / non nuklir dengan menggunakan bahan adsorben nanokomposit magnet oksida besi-bentonit. Penambahan oksida besi ini diharapkan akan mempermudah proses pemisahan bentonit yang telah menyerap kontaminan dari air.

Penempatan nanopartikel oksida besi diruang antar lembar bentonit dilakukan dengan proses pertukaran ion dan dilanjutkan proses pengendapan dari prekursor campuran larutan garam Fe(II)/Fe(III). Setelah mengalami pemanasan, endapan Fe(II)/Fe(III) yang berada di antara lembaran bentonit akan berubah menjadi bentuk oksidanya [1,5].

TEORI

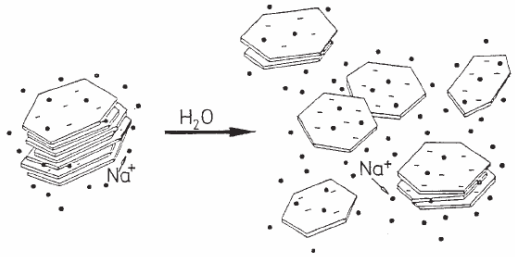
Bentonit atau *clay* adalah suatu bahan yang banyak mengandung Montmorillonit. Bentonit merupakan jenis lempung yang mengandung kurang lebih 85 % berat montmorillonit dengan komposisi kimia 66 % SiO_2, 28,3 % Al_2O_3 dan 5 % H_2O. Montmorillonit adalah sejenis mineral yang terbentuk dari proses alam abu vulkanik. Struktur montmorillonit berbentuk lembaran, dimana, setiap lembaran terdiri atas dua lapisan tetrahedral (silika) saling berhadapan dan satu lapisan oktahedral (aluminium) berada di antaranya sehingga membentuk struktur seperti *sandwich*.

Bahan ini termasuk nanopartikel karena ketebalannya mendekati 1 nm dan panjangnya berkisar 0,2 µm sampai dengan 2,0 µm. Susunan lembar tiga lapis tersebut memungkinkan adanya air antar lembar atau kation antar lembar. Subsitusi Si^{4+} dengan Al^{3+} pada lapisan tetrahedral dan subsitusi Al^{3+} dengan Mg^{2+} pada lapisan oktahedral menyebabkan terbentuknya muatan negatif di dua permukaan lembarannya. Subsitusi ini disebut subsitusi isomorfik, yaitu proses subsitusi kation dengan kation lain tanpa mengubah susunan kristalnya. Muatan negatif tersebut dinetralkan oleh kation-kation (Na^+, K^+, Ca^{2+} dan Mg^{2+}) yang terdapat pada bagian antar lembarnya. Struktur ini yang menyebakan montmorillonit bersifat stabil [6,7]



Gambar 1. Bentuk struktur mineral Montmorillonit

Montmorillonit dapat membengkak atau volumenya menjadi membesar hingga dua kali volume asalnya apabila kontak dengan air. Pembengkakan terjadi karena interaksi antar kation dalam ruang antar lembar montmorillonit dengan molekul air. Ilustrasi pengembangan volume bentonit dalam air diberikan pada Gambar 2. Kekuatan ikatan antar permukaan bermuatan



Gambar 2. Ilustrasi partikel bentonit dalam air

negatif dengan kation dalam ruang antara kation dalam antar lembar dan molekul air, sehingga celah antar lapisan melebar ketika kation dalam antar lembar menarik molekul air. Jika interaksi antara kation antar lembar dengan air mencapai batasannya, maka pembengkakan berhenti dengan sendirinya. Pembengkakan juga disebabkan oleh kemampuannya sebagai penukar ion.

Hal ini disebabkan rendahnya kekuatan ikatan antara muatan negatif yang terdapat pada permukaan lempeng dengan kation dalam antar lembar montmorillonit sehingga pada saat montmorillonit berinteraksi dengan suatu larutan yang mengandung ion lain terjadi pertukaran antara kation antar lembar dengan kation larutan [6].

Bahan yang digunakan sebagai bahan pilar untuk membuat montmorilonit menjadi nanokomposit adalah anorganik poli kation yang berupa logam organik. Montmorilonit berpilar dibuat dengan bebrapa senyawa campuran hidroksi anorganik seperti hidroksi Al, hidroksi Zr, hidroksi Ti, hidroksi Ni dan hidroksi Fe diutamakan yang bermuatan positif. Pilar pada montmorilonit dapat meningkatkan kekuatan poros antar luas permukaan kristal yang dapat dimanfaatkan untuk *molecular sieving*, adsorption dan katalis [5,7]

METODE PERCOBAAN

Alat dan Bahan

Bahan nanokomposit yang digunakan dalam penelitian ini adalah nanokomposit bentonit oksida besi yang telah dibuat di PTBIN-BATAN. Ada 7 variasi nanokomposit yang digunakan berdasarkan perbandingan berat bentonit/oksida besi, yaitu ; (1:0) (kode: NK-10); (3:1) ; (2:1) ; (3:2) ; (1:1) ; (1:2) dan (0:1). Bahan nanokomposit ini diperoleh dalam bentuk serbuk halus kering. Untuk uji penyerapan digunakan larutan standar Cs-137 dengan aktifitas 200 Bq/mL dalam *aquadest*.

Alat yang digunakan adalah *shaker*, *Liquid Scintillation Counter* (LSC) sebagai pencacah pancaran sinar β, alat gelas laboratorium.

Cara Kerja

Masing-masing variasi nanokomposit di timbang sebanyak 6 x 50 mg dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer 100 mL. Setiap seri satu variasi nanokomposit dimasukkan larutan standar Cs-137 sebanyak 10 mL, 15 mL, 20 mL, 25 mL, 30 mL dan 40 mL. Campuran ini diencerkan dengan air demineral menjadi 50 mL.

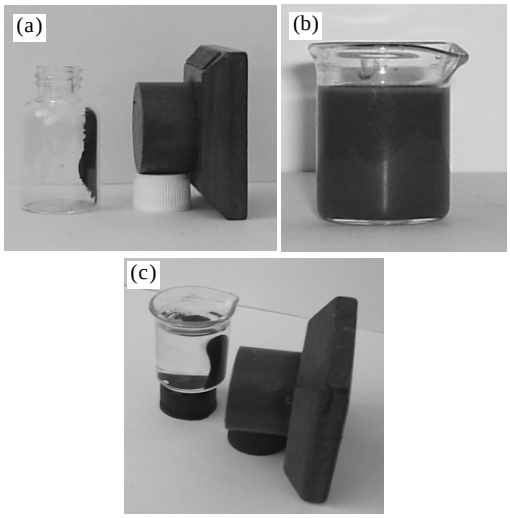
Campuran ini diaduk sampai merata sehingga membentuk suspensi. Sehingga diperoleh, pada setiap variasi suspensi nanokomposit mengandung Cs-137 dengan aktifitas 40 Bq/mL, 80 Bq/mL, 100 Bq/mL, 120 Bq/mL, 140 Bq/mLdan 160 Bq/mL.

Selanjutnya, campuran dikocok dengan bantuan alat *shaker* selama 24 jam pada suhu kamar. Untuk memisahkan nanokomposit dari larutan digunakan magnet permanen yang ditempelkan pada bagian luar erlenmeyer sampai larutan terlihat jernih. 20 mL larutan jernih ini diambil dan dicacah pancaran sinar β menggunakan alat *Liquid Scintillation Counter* (*LSC*). Data penyerapan ditampilkan dalam bentuk kurva efisiensi penyerapan (dalam %) yang dihitung berdasarkan persamaan :

$$Eff.\ Penyerapan = \frac{Akt.\ (^{137}Cs_{awal}) - Akt.\ (^{137}Cs_{akhir})}{Akt.\ (^{137}Cs_{awal})} \ x\ 100\ \%$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 3 adalah sebagai ilustrasi sistem pengumpulan kembali nanokomposit dalam air. Nanokomposit yang diperoleh dari PTBIN-BATAN dalam bentuk serbuk kering. Apabila serbuk ini didekatkan bahan magnet permanen terlihat serbuk tertarik ke arah magnet (Gambar 3a). Nanokomposit dilarutkan dalam air akan membentuk suspensi. Campuran nanokomposit dalam air berwarna keruh karena partikel nanokomposit tidak mengendap dan tetap melayang-layang di dalam (Gambar 3b). Apabila campuran ini didekatkan dengan bahan magnet, terlihat partikel nanokomposit yang melayang-layang di dalam air tertarik kearah magnet. Sedangkan air yang ditinggalkan partikel nanokomposit terlihat jernih (Gambar 3c).

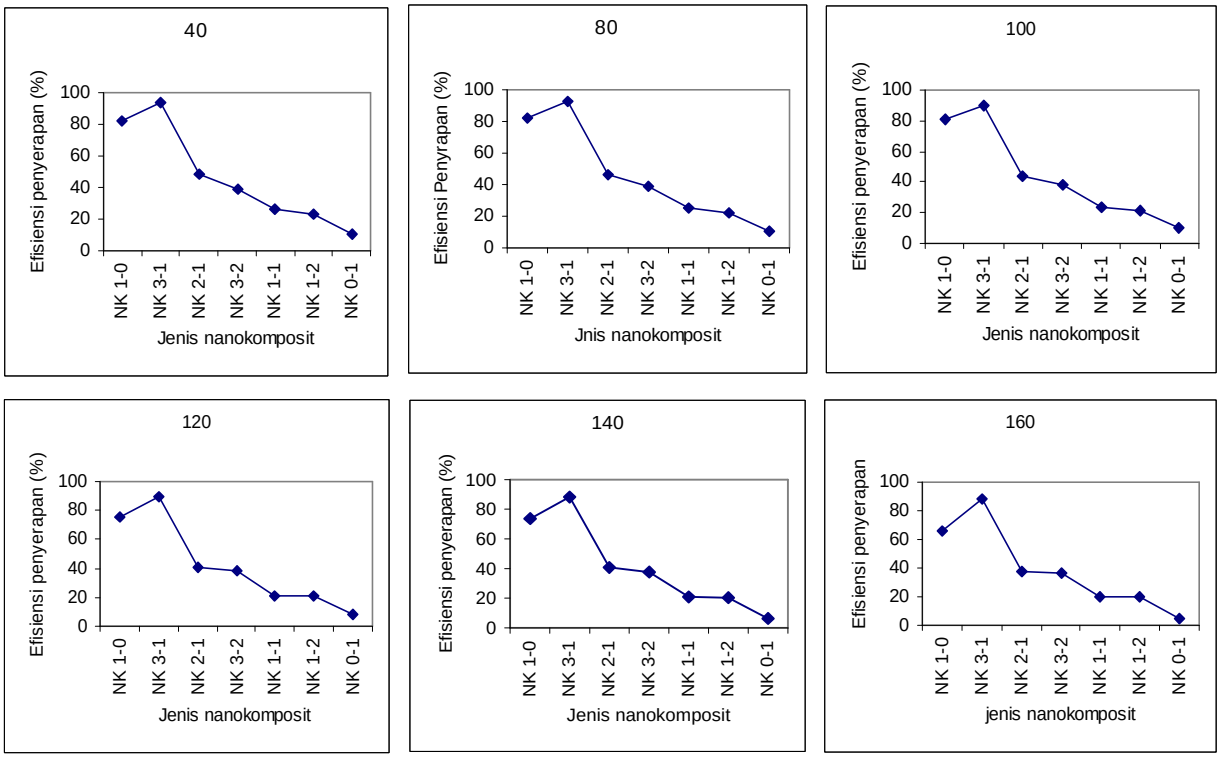


Gambar 3. Ilustrasi sistem pengumpulan kembali nanokomposit dalam air

Hasil uji penyerapan yang ditampilkan sebagai grafik efisiensi penyerapan sebagai fungsi komposisi nanokomposit untuk berbagai konsentrasi kontaminan dapat dilihat dalam Gambar 4.

Dari grafik terlihat, secara umum efisiensi penyerapan mempunyai modus yang sama untuk berbagai konsentrasi yang berbeda. Hal ini menunjukkan

Edisi Khusus Oktober 2007, hal : 187 - 190
ISSN : 1411-1098



Gambar 4. Grafik effisiensi penyerapan Cs-137 oleh berbagai komposisi nanokomposit pada nilai konsentrasi kontaminan yang berbeda

jumlah nanokomposit yang tersedia masih mampu menyerap kontaminan yang ada sampai batas kapasitas serap nanokomposit. Tinjauan untuk berbagai jenis nanokomposit menunjukkan bahwa komposit dengan kode NK-31 atau komposisi bentonit : oksida besi = 3 : 1, mempunyai efisiensi tertinggi.

Hal ini menunjukkan tak hanya bentonit yang dapat menyerap kontaminan melalui mekanisme pertukaran kation, namun oksida besi juga dapat menyerap kontaminan dengan kemungkinan mekanisme pembentukan kompleks. Sehingga kehadiran oksida besi yang pada awalnya diharapkan berfungsi sebagai media bantu dalam proses pemisahan bentonit dari larutan, ternyata sampai nilai tertentu juga memberikan nilai tambah dalam peningkatan efisiensi penyerapan kontaminan.

KESIMPULAN

Dari hasil pengukuran dengan alat *LSC* dapat disimpulkan bahwa nanokomposit yang mempunyai sifat penyerapan terbaik adalah nanokomposit dengan perbandingan bentonit 3 dan oksida besi 1 (NK-3:1). Selain bentonit ternyata oksida besi juga mempunyai daya serap sehingga NK-31 mempunyai daya serap melebihi daya serap bentonit itu sendiri.

DAFTAR ACUAN

[1]. ARIFIN, M. and DAY, D, H., *Atom*, **341**, March, (1985)
[2]. AMES, L.L, *Mineral*, **45** (1959)
[3]. SUDRAJAT, A dan ARIFIN, M, *Bahan Galian Nuklir*, PPPTM, (1997)
[4]. THOUR, VAN T.J.W., *Material Technology*, Logman, London, (1971)
[5]. BETEKHTIN, A, A, *Course of Mineralogy. Moscow*, Peace Publishers
[6]. IAEA, Application of ion Exchange Processes for The Treatment of Radioactive Waste and Management of Spent Ion Exchanges, *Technical Reports Series No 408*, IAEA, Vienna, (2002)
[7]. NEWMAN A.C.D, *Chemistry of Clays and Clay Minerals, Logman Scientific Technical, Mineralogy Socity*, London, (1987)