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

PENYERAPAN Pb OLEH NANO KOMPOSIT OKSIDA BESI BENTONIT

Siti Wardiyati dan Adel Fisli
Pusat Teknologi Bahan Industri Nuklir (PTBIN) - BATAN
Kawasan Puspiptek, Serpong 15314, Tangerang

ABSTRAK

PENYERAPAN Pb OLEH NANO KOMPOSIT OKSIDA BESI BENTONIT. Telah dilakukan penelitian penyerapan Pb oleh nano komposit oksida besi bentonit. Bahan penyerap seperti resin penukar ion atau zeolit telah lazim digunakan untuk pemurnian air, demikian pula bentonit. Namun bentonit ini mempunyai ukuran yang sangat kecil dan bersifat suspensi stabil di dalam air sehingga sulit dikumpulkan kembali setelah proses penyerapan. Berdasarkan alasan tersebut bentonit dikompositkan dengan nano partikel oksida besi, untuk mempermudah proses pemisahan kembali bahan penyerap tersebut dari filtratnya menggunakan teknik pemisahan magnetik sederhana. Nano komposit oksida besi bentonit pada percobaan ini diaplikasikan untuk penyerapan Pb dalam media air. Penelitian dilakukan untuk mendapatkan komposisi komposit yang optimal untuk penyerapan Pb. Penentuan konsentrasi Pb^{2+} dalam filtrat dianalisis dengan alat polarografi. Dari analisis data menggunakan pendekatan Persamaan *Langmuir* diperoleh daya serap maksimum yang dapat dicapai adalah sebesar 176,34 mg Pb^{2+}/gram oleh nano komposit yang dibuat dengan perbandingan Na-bentonit : oksida besi = 3 : 2.

Kata kunci : Penyerapan Pb, Nano komposit, Bentonit, Oksida besi

ABSTRACT

ADSORPTION OF Pb BY BENTONITE IRON OXIDE NANO COMPOSITE. Research on adsorption of Pb^{2+} ion by bentonite iron oxide nano composite has been carried out. Ion exchange resin and some silicate materials such as zeolite and bentonite are widely used for water purification. However, because of nanopowder size bentonite tend to form stable suspension in water, it will be difficult to recollect them after adsorption process. Based on those reason, bentonite was composited with iron oxide nanoparticle which give the possibility to simplify separation process of contaminant adsorb nano composite from filtrate using simple magnetic separation technique. In this experiments nano composite of bentonite iron oxide was used for adsorption of Pb^{2+} ion in water medium. Pb^{2+} ion concentration in filtrat analyzed by polarography instrument. Data analysis using Langmuir equation approach, give the optimum adsorption capacity of 176.34 mg Pb^{2+}/ gram obtained by 3 : 2 Na-bentonit - iron oxide nano composite.

Key words : Pb adsorption, Nano composite, Bentonite, Iron oxide

PENDAHULUAN

Masalah pengolahan limbah merupakan masalah utama yang harus diselesaikan oleh berbagai kalangan baik kalangan industri, pemerintah maupun masyarakat. Kurang sistematis dan efektifnya penanganan masalah ini dapat menimbulkan kerugian yang sangat besar. Salah satu jenis limbah yang mempunyai dampak yang cukup luas adalah limbah logam berat., antara lain Hg, Cd, Ag, Ni, Pb, As, Cr, Sn dan Zn [1]. Selain dari berbagai kegiatan industri, limbah ini dapat berasal dari berbagai aktivitas alami, misalkan dari proses erosi berbagai batuan alam dan aktivitas gunung berapi.

Di antara berbagai kontaminan logam berat ini, limbah Pb ini menarik perhatian kalangan pemerhati lingkungan, karena adanya temuan yang menunjukkan tingginya pencemaran logam ini di Kawasan Puspiptek, Serpong.

Dari berbagai penelitian yang dilakukan, pencemaran ini ditengarai, di samping berasal dari pengotoran oleh asap kendaraan bermotor, juga berasal dari limbah cair industri daur ulang aki bekas. Limbah logam berat ini juga cukup banyak dihasilkan dari berbagai proses industri pengecoran maupun pemurnian, industri baterai, industri bahan bakar, industri kabel dan proses pewarnaan dalam industri tekstil.

Dampak negatif pencemaran logam ini terhadap kesehatan dapat menyebabkan gangguan pada berbagai

Vol. 9, No. 2, Februari 2008, hal : 135 - 138
ISSN : 1411-1098

organ yang meliputi gangguan pada *system neurology*, fungsi ginjal, sistem reproduksi, sistem hemopoitik serta gangguan terhadap sistem syaraf dan kecerdasan terutama pada anak-anak [2].

Ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk pengolahan limbah logam berat, salah satu diantaranya dengan sistem penukar ion [3]. Resin penukar ion dan beberapa mineral, seperti zeolit dan bentonit telah lazim digunakan. Bentonit merupakan bahan penyerap yang berukuran nanometer, sehingga dengan ukurannya tersebut bentonit akan mempunyai luas permukaan yang lebih besar dan daya serapnya tinggi [4].

Namun dengan ukuran bentonit yang sangat kecil ini, maka bentonit cenderung membentuk suspensi yang stabil didalam air. Sehingga penggunaan bentonit sebagai bahan penyerap akan mendapatkan kesulitan pada akhir proses, yaitu pada saat pengambilan kembali bentonit yang telah menyerap kontaminan. Salah satu solusi yang dilakukan untuk menyelesaikan masalah ini adalah penggabungan bentonit dengan oksida besi [5]. Sesuai sifat dan strukturnya, bentonit ini akan mengalami pilarisasi bila digabungkan dengan oksida logam dimana oksida akan berada diantara lembaran bidang bentonit. Sebagai akibat proses ini luas permukaan akan meningkat dan komposit akan bersifat magnetik yang akan memudahkan pengumpulan kembali menggunakan sistem pemisahan magnet sederhana.

Dalam penelitian ini dipelajari penyerapan Pb^{2+} oleh nano komposit oksida besi bentonit dengan parameter rasio komposisi berat kedua komponen komposit. Uji penyerapan dilakukan dengan cara *batch* yang bertujuan untuk mendapatkan kondisi penyerapan optimum yang nantinya akan dikembangkan ke sistem alir. Pengolahan data menggunakan pendekatan persamaan *Langmuir* [6].

METODE PERCOBAAN

Bahan yang dipergunakan pada percobaan ini adalah $Pb(N0_3)_2$ dan Nano komposit Na-bentonit-oksida besi dengan variasi perbandingan antara Na-bentonit dengan Fe seperti tertulis pada Tabel 1 berikut. Preparasi cuplikan ini dapat dilihat pada referensi [5].

Sedangkan alat yang digunakan pada percobaan ini diantaranya pH meter, Polarografi Model 384-B EG&G PAR, Shaker M 20 S LAUDA, timbangan dan magnet permanen.

Tabel 1. . Variasi perbandingan berat Na-bentonit : oksida besi

Kode Cuplikan	Perbandingan	
	Na-Bentonit	Oksida Fe
Na-Bent.	1	0
Oksida besi	0	1
NK-B11	1	1
NK-B21	2	1
NK-B31	3	1
NK-B32	3	2
NK-B12	1	2

Pernyerapan Pb dilakukan secara batch dengan cara larutan Pb nitrat dengan konsentrasi Pb^{2+} tertentu (25 ppm mlg/L hingga 1000 ppm mlg/L) sebanyak 50 mL dikontakkan dengan komposit oksida besi bentonit sebanyak 50 mg dalam suatu wadah yaitu erlenmeyer, kemudiaan dikocok dengan menggunakan shaker selama 24 jam. Parameter yang dipelajari adalah pengaruh konsentrasi Pb^{2+} dan jenis nanokomposit. Konsentrasi Pb^{2+} bervariasi yaitu 25 mg/L, 50 mg/L, 100 mg/L, 250 mg/L, 500 mg/L dan 1000 mg/L (1,25, 2,50, 5,00, 12,50, 25,00, 50,00 mg Pb^{2+} dalam 50 mL larutan). Uji penyerapan dilakukan pada pH 6,0. Kandungan Pb^{2+} yang tertinggal di dalam filtrat dianalisis dengan alat polarografi (*Polarographic analyser*) [7,8] dan pengolahan data dilakukan dengan menggunakan pendekatan persamaan *Langmuir* [6].

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil pengukuran dengan Polarografi dalam bentuk konsentrasi ion Pb^{2+} yang tersisa dalam larutan diolah sehingga diperoleh Pb terserap (dalam mg) sebagai fungsi jenis komposit seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2 berikut ini :

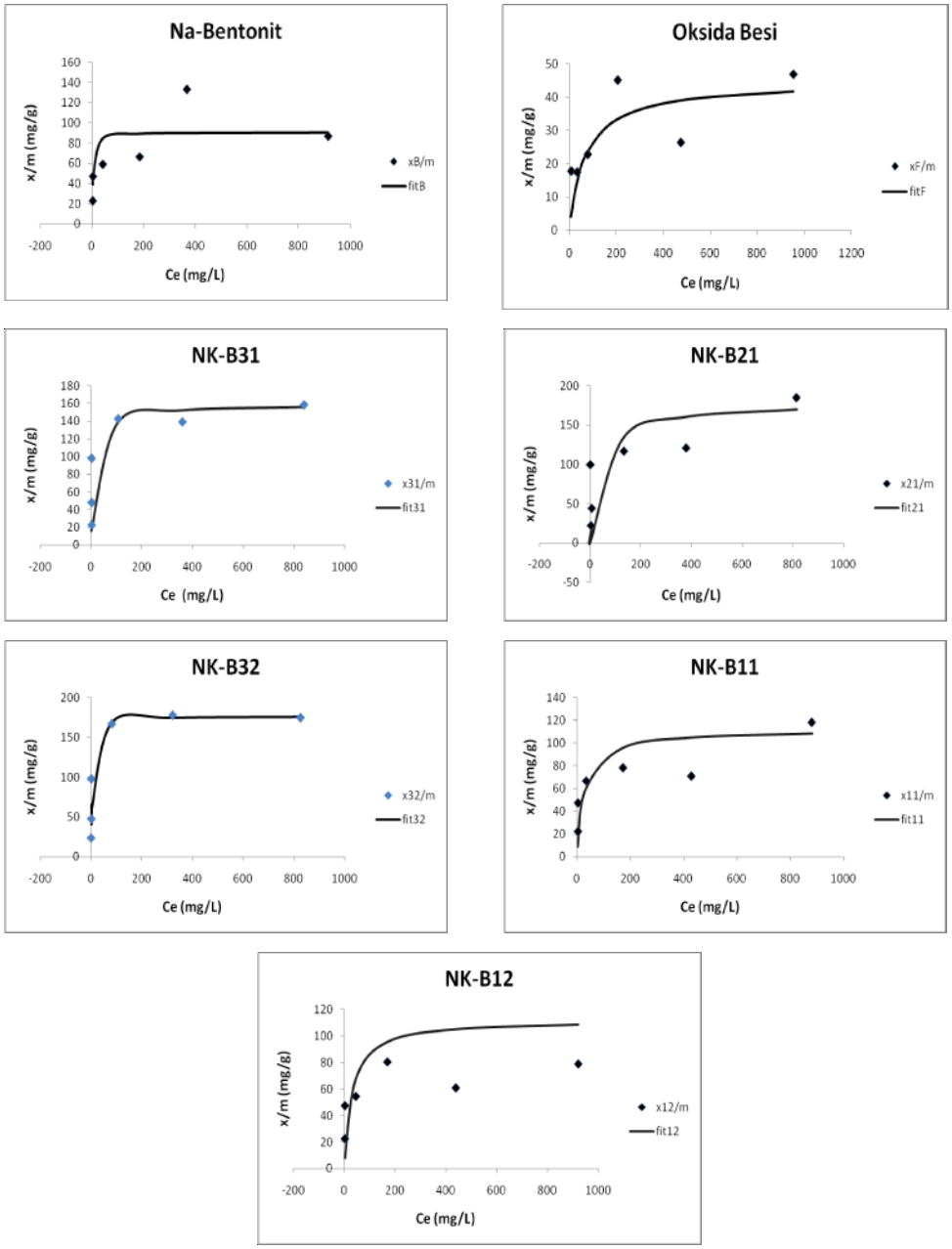
Tabel 2. Penyerapan Pb^{2+} oleh nano komposit oksida Fe/Na-bentonit pada berbagai konsentrasi Pb^{2+}(jumlah Pb pada larutan umpan)

Pb awal mg	Pb terserap, mg						
	Na-bentonit	NK-B31	NK-B21	NK-B32	NK-B11	NK-B12	Fe_3O_4
1,25	1,14	1,13	1,12	1,19	1,13	1,14	0,89
2,50	2,36	2,40	2,21	2,38	2,38	2,38	0,88
5,00	2,95	4,90	5,00	5,00	3,34	2,73	1,15
12,50	3,33	7,12	5,85	8,38	3,91	2,78	2,26
25,00	6,67	6,98	6,05	9,00	3,55	3,05	1,58
50,00	4,35	7,95	9,25	8,50	5,90	3,95	2,35

Dari Tabel 2 di atas terlihat adanya perubahan penyerapan sebagai fungsi komposisi sistem nano komposit oksida besi-bentonit dimana penambahan oksida besi sampai rasio tertentu memberikan kenaikan efisiensi serap dibanding Na-bentonit. Untuk lebih jelasnya dari Tabel 2 tersebut di atas dibuat grafik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Secara umum, untuk bahan bentonit ini penyerapan terjadi melalui mekanisme pertukaran kation, dimana untuk kondisi isotermal dapat dianalisa menggunakan pendekatan persamaan *Langmuir* [6].

Garis penuh (*solid line*) pada grafik diatas diperoleh dengan fitting data pengukuran dan persamaan *Langmuir* [8] dalam bentuk :

$$\frac{C_e}{q} = \frac{1}{Q^o K} + \frac{C_e}{Q^o}$$



Gambar 1. Adsorpsi isoterm ion Pb^{2+} pada Na-Bentonit, Oksida besi, dan nano komposit bentonit oksida besi dengan berbagai komposisi.C_e adalah Pb^{2+} tersisa dalam larutan; *x/m* adalah massa Pb^{2+} terserap/massa penyerap.

Dimana Ce menyatakan konsentrasi bahan terserap yang masih tersisa, q (=x/m) adalah jumlah massa bahan terserap dibagi massa penyerap. Q^o dan K adalah konstanta *Langmuir* di mana Q^o adalah kapasitas retensi yang sebanding dengan *sites* yang tersedia atau kapasitas serap terbatas dan K adalah energi ikat antara bahan penyerap dan terserap. Hasil perhitungan kedua konstanta untuk tujuh bahan penyerap yang digunakan diberikan pada Tabel 3.

Dari tabel di atas diperoleh, bentonit yang digunakan disini mempunyai kapasitas retensi terhadap Pb^{2+} sebesar 90,66 mg/g bentonit, sebanding dengan harga untuk struktur montmorillonit yang lain [9]. Untuk oksida Fe, dengan kecenderungan fasa terbentuk sebagai campuran fasa $Fe_3O_4/\gamma\text{-}Fe_2O_3$ [5], akan bereaksi dengan Pb nitrat dengan mekanisme penyerapan via pembentukan hidoksida logam. Maksimal ion Pb yang

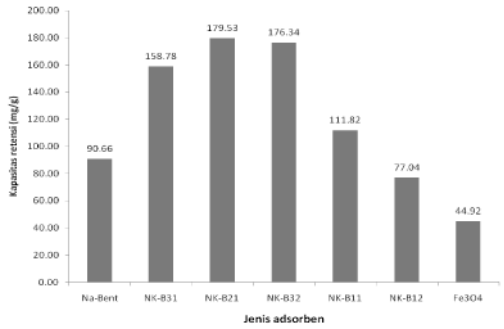
Tabel 3. Konstanta Q^o dan K dari bentonit, oksida Fe dan nano kompsoit hasil analisis dengan pendekatan persamaan *Langmuir* (R^2 = tingkat kecocokan)

No.	Sampel	Q^o (mg/g)	*K* (L/mg)	R^2
1.	Na-bent	90,66	0,3413	0,968
2.	NK-B31	158,78	0,0637	0,996
3.	NK-B21	179,53	0,0227	0,949
4.	NK-B32	176,34	0,2738	0,999
5.	NK-B11	111,82	0,0342	0,919
6.	NK-B12	77,04	0,0542	0,981
7.	Oks.Fe	44,92	0,0143	0,883

Vol. 9, No. 2, Februari 2008, hal : 135 - 138
ISSN : 1411-1098

dapat terserap oleh sistem oksida ini mencapai 44,92 mg/g oksida Fe.

Pada penggabungan kedua bahan ini dalam sistem nanokomposit, kapasitas serap cenderung tidak linier sebagai penjumlahan kapasitas serap kedua bahan. Gambar 2 memberikan analisis kecenderungan perubahan Kapasitas retensi (Q^o) sebagai fungsi komposisi.



Gambar 2. Kapasitas retensi dari Na-Bentonit, nano komposit dengan berbagai komposisi dan oksida besi.

Perubahan kapasitas retensi untuk bentonit sendiri, seperti telah dibahas di depan adalah akibat pilarisasi bentonit oleh oksida besi yang menyebabkan peningkatan luas permukaan dan kemungkinan pertukaran kation bentonit dengan ion Pb^{2+}. Peningkatan luas ini cenderung hanya sampai batas nilai oksida Fe tertentu, karena kehadiran oksida ini di samping akan memberikan efek pilarisasi, juga akan menempati permukaan bentonit dan mengurangi jumlah kation yang akan dipertukarkan dengan Pb^{2+}. Untuk oksida Fe, daya serapnya stabil ataupun cenderung menurun akibat proses pengkompositan ini. Reaksi oksida Fe dengan garam Pb cenderung menurun pada sistem komposit karena oksida Fe lebih kuat terikat pada sistem bentonit melalui mekanisme pertukaran ion dan substitusi ion Fe pada struktur bentonit.

Dari nilai kapasitas serap yang terukur diperoleh kapasitas tertinggi dicapai oleh sistem nano komposit NK-B21 sebesar 179,53 mg/g nano komposit dan NK-B32 sebesar 176,34 mg/g. Dari percobaan dapat disimpulkan bahwa nano komposit terbaik adalah NK-B32 karena nano komposit tersebut mempunyai kapasitas serap tinggi, kandungan oksida Fe cukup besar, dan memberikan sifat kemagnetan yang lebih baik. Nilai kapasitas serap ini lebih tinggi dibanding kapasitas serap untuk bahan lain yang banyak dipakai untuk menyerap Pb [10]. Dengan adanya kombinasi atau pembentukan nano komposit antara bentonit dan oksida Fe akan mempermudah sistem penyerapan, hal ini memberikan alternatif penanganan limbah Pb secara lebih murah, mudah dan efisien.

KESIMPULAN

Penyerapan logam berat Pb^{2+} oleh nano komposit oksida besi bentonit memberikan hasil yang baik, dimana jenis komposit optimum adalah jenis NK-B32 yaitu komposit yang dibuat dengan perbandingan berat antara Na-bentonit : oksida Fe = 3 : 2. Baik bentonit maupun oksida besi melalui mekanisme masing-masing menyerap Pb dan memberikan peningkatan kapasitas serap pada kondisi terkomposit. Dengan kapasitas serap bentonit murni maksimal 90,66 mg/g bentonit dan oksida Fe 44,92 mg/g, diperoleh daya serap nano komposit maksimal sebesar 176,34 mg Pb^{+2}/g. Nilai kapasitas ini dicapai selain dari kombinasi penyerapan kedua bahan juga dianalisis sebagai akibat kenaikan luas permukaan dan jumlah kation tertukar pada sistem bentonit.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah mendukung penelitian ini. Penelitian ini adalah sub judul kegiatan yang di danai oleh Program Insentif tahun 2007 Kementrian Negara Riset dan Teknologi (KNRT).

DAFTAR ACUAN

[1]. DANNY ZULKIFLI HERMAN, *Jurnal Geologi Indonesia*, **1**(1) (2006) 31-36

[2]. SUDARMAJI, J. MUKONO dan CORIE I.P., *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, **2**(2) (2006) 129-142

[3]. VALERIA KOVATCHEVA – NINOVA NIKOLOVA and MARIN MARINOV, Investigation the Adsorption Properties of Natural Adsorbents Zeolite and Bentonite towards Copper Ions, Annual of the University of Mining and Geology, St. Ivan Risk, **44-45**(II), Mining and Mineral Processing Sofia (2002) 93-97

[4]. FRANCISCO R. VALENZUELA DIAZ and PERSIO DE SOUZE, *Quim. Nova*, **24** (3) (2001) 345-353

[5]. ADEL FISLI, dkk, Nanokomposit Magnetik Oksida Besi-Bentonit Untuk Pengolahan Limbah Nuklir dan Non Nuklir, Program Insentif Riset Dasar, (2007).

[6]. SAAD ALI KHAN, *Ion Exchange and Adsorption Behaviour of Natural Clays and Hydrated Metal Oxides*, thesis, University of The Punjab Lahore, (1992) 11-45

[7]. [7].SARYATI, Voltrametri Stripping, Prosiding Seminar Nasional Elektrokimia,(2001) 175-189.

[8]. SARYATI, RUKIHATI, dan WAHYUDIA-NINGSIH, Analisis secara Elektokimia (Voltametri/ Polarografi), Prosiding Seminar Nasional Elektrokimia,(2001) 208-224

[9]. OGUZ INEL, FEHMI ALBAYRAK and AYSEGIIL ASKIN, *Turk. J. Chem*, **22** (1998) 243-252

[10]. J. H. PARK and W. S. SHIN, *Water Practice and Technology*, **1**(2), IWA Publishing, (2006)