Jornal Kimia Andalas, ISSN 0853-8018
Volume 4, Nomor 1, Tahun 1998 (1-8)

ARTIKEL UTAMA

CAMPURAN POZZOLAN ALAM (P) DAN KAPUR (K) SEBAGAI SORBEN KROM (VI), BESI (III), KOBAL, NIKEL DAN KADMIUM

Dasli Nuerdin

Laboratorium Kimia Analisa Terapan, Jurusan Kimia FMIPA Universitas Andalas, Padang 25163

(Diterima 30 Oktober 1997, diperbaiki 15 November 1997, disetujui 30 Desember 1997).

INTISARI

Campuran pozzoolan alam (P) dan kapur (K) telah digunakan untuk menyerap ion-ion logam $Cr_2O_7^{2-}$, Fe^{3+}, Co^{2+}, Ni^{2+}, dan Cd^{2+}. Dari penelitian yang telah dilakukan dengan berbagai parameter ternyata dengan campuran P dan K (1:1 ; 2:1), yang diaktifkan pada suhu 140° C dan 180° C, waktu kontak antara sorben dengan sorbat 14, 48 dan 72 jam, efisiensi penyerapan sorben terhadap kelima ion di atas mencapai 95% lebih dan yang diserap sorben (P + K) berturut-turut sebesar 1,38; 113.87; 31,43; 31,33 dan 22,03 mg per gram sorben.

Kata kunci : Pozzolan alam - kapur, sorben, krom, besi, kobal, nikel dan kadmium.

ABSTRACT

The mixture of natural pozzolan and lime has been used to sorpt of $Cr_2O_7^{2-}$, Fe^{3+}, Co^{2+}, Ni^{2+}, dan Cd^{2+} ions. The result showed that natural pozzolan-lime (1:1 ; 2:1) activated at 140°C and 180° C, sorption time 14, 48 and 72 h, the sorption efficiency of five ions above more than 95%. Sorption capacities of sorbent (P + K) were 13.80; 11.387; 31.43; 31.33 and 22.03 mg per gram sorbent respectively.

Key word : Natural pozzolan-lime, sorbent, chrome, ferrum, cobalt, nicel and cadmium.

PENDAHULUAN

Pada 25 tahun terakhir ini, penggunaan berbagai material, seperti semen untuk mengendalikan dan memadatkan limbah industri, berkembang dengan amat pesat. Penelitian mutakhir menunjukkan bahwa limbah logam berat sangat cocok dan efektif diikat dan dipadatkan dengan semen biasa (*ordinary portland cement*/ OPC.). Disebabkan suasana pH dan senyawa silika yang tinggi dari semen dalam larutan air, limbah logam-logam berat sangat cocok diikat dengan cara ini.

Berbagai metoda untuk menanggulangi limbah logam berat telah dikembangkan, seperti penyerapan dengan zeolit, pemadatan dengan semen, penyerapan dengan kuprioksida pada alumina (CuO/Al_2O_3), kuprisulfida pada alumina (CuS/Als_2O_3), perak pada alumina (Ag/Al_2O_3), kuprisulfida pada karbon (CuS/C) dan penggunaan membran komposit [1,2].

Tumidasjski dan Thomson [3], melakukan penyerapan Cd(II) dengan trikalsium alumniat (C_3A). Campbell [4] meneliti kestabilan Cd dan Pb dalam semen; Cartledge [5] melaporkan penelitiannya tentang amobilisasi Cd dan Pb dalam semen. Menurut mereka logam ini terikat baik dalam semen. Cd(II) terserap lebih tinggi dari Co(II) pada Zeolit [6]. Sementara hasil penelitian tentang rekoversi beberapa logam berat dalam air dengan membran komposit dilaporkan oleh Ahmad [7].

Deposit pozzolan alam (P) di Indonesia tersebar di kawasan yang sangat luas, tetapi hanya sebagian saja yang telah diteliti jenis dan jumlahnya. Ada 23 daerah di Indonesia, tempat ditemukannya P, 20 daerah di pulau Jawa, 2 di pulau Sumatra, dan 1 daerah di Sulawesi Utara. Dari 7 daerah yang sudah di teliti, yaitu Jawa Barat, Jawa Timur, Jawa Tengah dan Sulawesi Utara, cadangan P tersebut sekitar 1.25 milyar ton lebih. Penambahan kapur (K) kepada pozzolan alam (P) dalam lingkungan berair, pada temperatur biasa akan membentuk suatu komposit stabil yang bersifat sebagai bahan pengikat. Terikat dan terpadatkannya logam (logam berat) pada campuran P dan K di lingkungan air, diduga disebabkan oleh terjadinya reaksi pozzolononik antara SiO_2 dan $Ca(OH)_2$ dari kapur, sebagai berikut.

$$Ca(OH)_2 + SiO_2 + H_2O \rightarrow (CaO)x\ (SiO_2)y\ (H_2O)_z$$
$$Ca(OH)_2 + Al_2O_3 + H_2O \rightarrow (CaO)_x\ (Al_2O_3)\ (H_2O)_z$$
$$Ca(OH)_2 + SiO_2 + Al_2O_3 + H_2O \rightarrow (CaO)_x\ (Al_2O_3)_y\ (SiO_2)_z\ (H_2O)_w$$

Hidrat kalsium aluminosilikat

Reaksi pozzolonik di sini, hampir sama dengan reaksi pengerasan portland semen (PS), di mana hidrasi kalsium silikat C_3S(3 CaO SiO_2) dalam semen merupakan reaksi paling dominan pada proses pengerasan [8].

$$CaO.SiO_2 + x\ H_2O \rightarrow CaOSiO_2.xH_2O$$

Ion-ion logam berat (larutan umpan) yang berinteraksi dengan campuran (P+K) akan terikat selama proses perpaduan dan pengerasan berlangsung.

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari kemampuan campuran pozzolan alam dan kapur sebagai material penyerap ion logam krom(VI), besi(III), kobal, nikel dan kadmium.

BAHAN DAN METODA

Garam $K_2Cr_2O_7$, $FeCl_3$, $CoCl_2.6H_2O$, $NiCl_2$ dan $CdCl_2$ yang akan diuji, dilarutkan dalam air (*aquades*) dengan konsentrasi 1.000, 6.000, 3.000, 3.000, 3.000 ppm. Kemudian larutan garam ini diinteraksikan dengan campuran P dan K untuk melihat daya serap dan efesiensi penyerapan masing-masing ion logam tersebut.

Pengaruh berbagai parameter terhadap sorbsi dan efisiensi sorbsi diselidiki.

Isoterm sorbsi

10 ml masing-masing sorbat dimasukkan ke dalam 0,5 g sorben dalam wadah plastik. Sesudah dikocok selama 20 menit, dibiarkan selama 72 jam. Fasa air dan fasa padat dipisahkan dengan cara penyaringan. Jumlah masing-masing ion logam yang terserap dihitung secara tidak langsung dengan menentukan konsentrasi mereka di dalam fasa air. Konsentrasi sorbat Cr (VI), Fe(III), Co(II), Ni(II), Cd(II) berturut-turut 70, 5.700, 1.600, 1.600 dan 2.300 ppm

Pengaruh konsentrasi sorbat

Campuran P dan K dengan perbandingan (1:1 ; 2:1) diaktifkan pada suhu 140°C dan 180°C. Didinginkan dalam desikator sampai suhu kamar, kemudian timbang 0,5 g dalam wadah plastik. Masukkan 10 ml sorbat Cr(VI) 60, 65, 70, 75 dan 80 ppm; 10 ml sorbat Fe(III) 5.500 – 5.900 ppm; 10 ml Co(II) 1.400 - 1800 ppm; 10 ml Ni(II) 1.300 – 1.700 ppm dan 10 ml Cd(II) 2.000 – 2.400 ppm ke dalam sorben. Aduk selama 20 menit, biarkan selama 72 jam. Tentukan konsentrasi Cr(VI), Fe(III), Co(II), Ni(II) dan Cd(II) dalam fasa air.

Pengaruh volume sorbat

Ke dalam 0,5 g sorben P dan K dalam wadah plastik, dimasukkan 8, 9, 10, 11 dan 12 ml sorbat. Untuk semacam sorben diperlukan 5 buah wadah plastik untuk menginteraksikan sorbat dengan sorben. Konsentrasi Cr(VI)*p* ppm; Fe(III)*q* ppm; Co(II)*r* ppm; Ni(II)*s* ppm; dan Cd(II)*t* ppm, *p, q, r, s*

dan *t* adalah konsentrasi optimum yang diperoleh dari percobaan sebelum ini. Waktu kontak pada percobaan ini 72 jam.

Pengaruh suhu pengaktifan sorben

Sorben diaktifkan dengan cara pemanasan di dalam oven pada suhu 60, 100, 120, 140, 180 dan 220°C. Setelah mencapai suhu kamar di dalam desekator, 0,500 g sorben ini untuk setiap suhu pengaktifan dikontakkan dengan konsentrasi dan volume optimum yang diperoleh dari percobaan sebelumnya. Waktu kontak dalam percobaan ini 72 jam.

Pengaruh komposisi sorben

Konsentrasi, volum sorbat dan suhu pengaktifan optimum yang didapatkan dari percobaan sebelumnya. Komposisi sorben divariasikan sebagai (1:1); (1:2); (1:3); (1:4); (1:5). Kemudian sorbat dikontakkan selama 72 jam dengan sorben, dengan berbagai komposisi itu, kontakkan dengan sorben sampai dengan (selama) 72 jam.

Pengaruh pH sorbat

Konsentrasi, volume sorbat, suhu pengaktifan, komposisi sorben (P + K) yang digunakan sesuai dengan percobaan sebelumnya. Pada kondisi ini pH sorbat divariasikan dari 2 - 10, kemudian dikontakkan dengan sorben sampai dengan 72 jam.

Pengaruh waktu kontak antara sorbat dan sorben

Konsentrasi, volum, pH sorbat, suhu pengaktifan, dan komposisi sorben sama dengan optimum yang didapatkan dari percobaan sebelumnya. Pada kondisi ini dilakukan pengujian pengaruh waktu kontak terhadap efisiensi penyerapan. Variasi waktu kontak diatur sebagai berikut: 1, 4, 14, 48 dan 72 jam.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. memperlihatkan komposisi oksida SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, CaO, MgO dan K_2O dari pozzolan alam (P), kapur (K) dan campuran (P + K). SiO_2 dan Al_2O_3 merupakan komponen utama dengan kandungan 52,87% dan 30,25% dalam P; 2,66% dan 1,15% dalam K serta 26,94% dan 11,93% dalam (P + K).

Pada Tabel 2. dan Gambar 1 , terlihat bahwa daya serap sorben terhadap $Cr_2O_7^{-}$ paling kecil, yakni 1.38 mg g^{-1} dan daya serap sorben terbesar adalah terhadap Fe^{3+}, yaitu 113.87 mg g^{-1}.

Tabel 1. Komposisi kimia P, K dan P + K(2 : 1)

Oksida	P (%)	K (%)	P + K(2:1) (%)
SiO_2	52,87	2,66	26,94
Al_2O_3	30,25	1,15	11,93
Fe_2O_3	4,56	0,25	2,02
CaO	0,21	53,09	32,05
MgO	0,37	0,35	0,57
K_2O	0,95	0,24	0,62

P = Pozzolan Alam; K = Kapur

Tabel 2. Daya serap dan efisiensi serapan sorben (P+K) terhadap logam berat krom (VI), besi(III), kobalt, nikel dan kadmium

Jenis Ion	Volume (ml)	Konsentrasi awal (ppm)	PH	Daya serap ($mg.g^{-1}$)	Efisiensi serapan (%)
$Cr_2O_7^{2-}$	10	70	2	13,80	79,25
Fe^{3+}	10	5700	5	113,87	99,88
Co^{2+}	10	1600	8-10	31,43	99,83
Ni^{2+}	10	1600	10	31,33	94,70
Cd^{2+}	10	2300	8-10	22,03	100,00

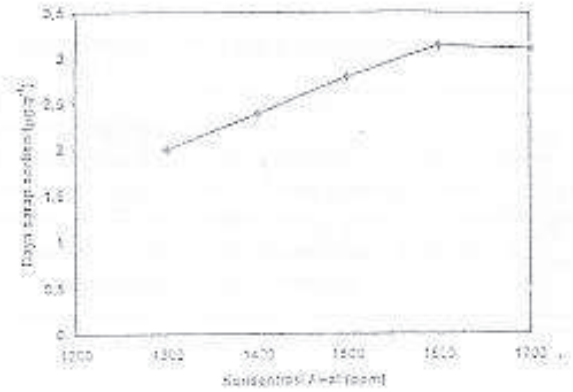
Sedangkan daya serap sorben terhadap ion Co^{2+} dan ion Ni^{2+} hampir sama, yakni 31,43 $mg.g^{-1}$ dan 31,330 $mg.g^{-1}$ dan ion Cd^{2+} sebesar 22,03 $mg\ g^{-1}$.

Perbedaan daya serap yang besar dari sorben terhadap Cr_2O_7 dibandingkan dengan ion Fe^{3+}, Co^{2+}, Ni^{2+} dan Cd^{2+}, diduga disebabkan oleh ukuran spesihidrat ion-ion tersebut di dalam larutan air. Dari kelima spesi di atas, $Cr_2O_7^{=}$ berukuran paling besar dalam larutan.

Hidrat Co^{2+} (aq), Ni^{2+} (aq) dan Cd^{2+} (aq) memiliki ukuran yang hampir sama, karena jari-jari ketiga ion ini tidak berbeda jauh (0,72; 0,69; 0,97 A^{o}). Besarnya perbedaan terserapnya Fe^{3+} dibandingkan dengan Co^{2+}, Ni^{2+} dan Cd^{2+}, disebabkan pada suasana mendekati netral ($5 < pH < 7$) dan basa, Fe^{3+} sudah terendapkan sebagai $Fe(OH)_3$. Karena itu, sebagian Fe^{3+} akan terendapkan serta terpadatkan disamping terserap oleh sorben (P + K).

Kenaikan konsentrasi sorbat memperbesar daya serap sorben dimana untuk 0,5 gram sorben, ion $Cr_2O_7^{=}$ sebanyak 0,70 mg, terserap sebesar 690 µg atau sebesar 13,80 $mg\ g^{-1}$ sorben, dengan efisiensi penyerapan 95%, ion Fe^{3+} terserap sebesar 56,94 mg atau 113,87 $mg\ g^{-1}$ sorben.

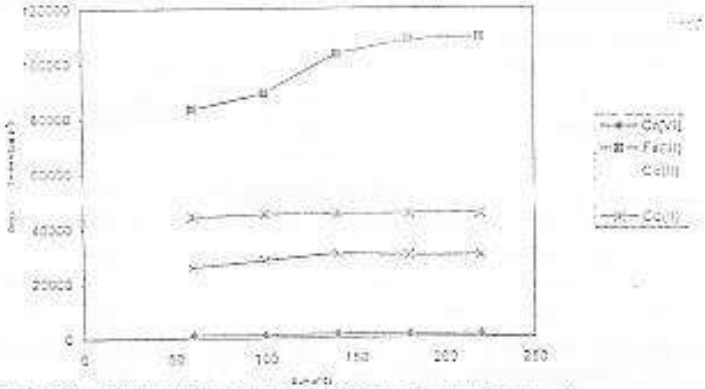
Gambar 1 memperlihatkan ion Co^{2+} sejumlah 16,0 mg diserap oleh 0,5 gram sorben sebanyak 31,43 $mg\ g^{-1}$. Ion Ni^{2+} dengan jumlah sama (16,0 mg) terserap oleh 0,5 gram sorben sebesar 31,33 $mg\ g^{-1}$.



Gambar 1. Pengaruh konsentrasi sorbat [Ni(II)] vs daya serap sorben (P+K). Berat sorbea 0,5 g, volume sorbat 10 mL, waktu kontak 72 jam, (P:K = 4:1), suhu pengaktifan 140 ^{o}C, pH sorbat 5.

Ion Cd^{2+} sebanyak 23000 µg diserap oleh 0,5 gram sorben sebesar 11015 µg atau 22030 µg g^{-1}. Diatas konsentrasi ini, daya serap sorben turun kembali. Hal ini diperkirakan disebabkan ion yang terdapat dalam larutan, dapat menganggu kestabilan ion yang sudah terikat pada sorben akibat tabrakan antar ion.

Penambahan volume sorbat, juga memberikan pola daya serap sorben yang mirip dengan penambahan konsentrasi sorbat. Hal ini barangkali disebabkan penambahan volume sorbat, akan menambah jumlah mol ion sorbat yang berkontak dengan sorben. Suhu pengaktifan sorben dan komposisi sorben (P + K), ikut mempengaruhi daya serap sorben, dimana pada suhu 140 ^{o}C dan 180 ^{o}C daya serap sorben terhadap sorbat mencapai maksimum (Gambar 2).

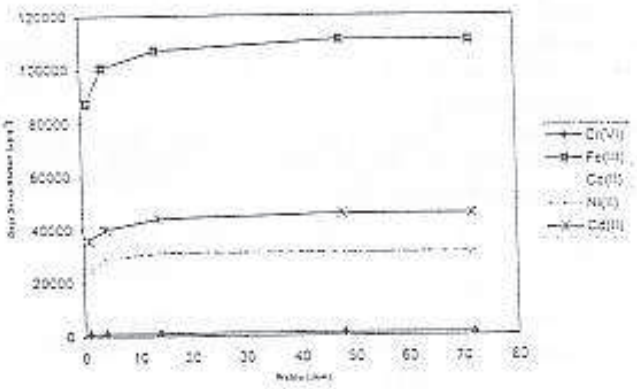


Gambar 2. Pengaruh suhu pengaktifan sorben terhadap daya serapnya. Volume sorbat 10 mL, konsentrasi awal Cr(VI) 70 ppm, Fe(III) 5700 ppm, Co(II) 1600 ppm, Cd(II) 2300 ppm, (P:K = 4:1)), pH sorbat 5, waktu kontak 72 jam.

Pada suhu lebih tinggi dari 180 °C, daya serap cenderung menurun, hal ini diduga disebabkan struktur sorben menjadi rusak. Pada komposisi (P : K = 2 : 1), Fe^{3+} dan Cd^{2+} terserap lebih besar, dan pada komposisi (P : K = 1 : 1) menurun.

Pada komposisi (P : K = 2 : 1) kandungan SiO_2, Al_2O_3 dan CaO masing-masing adalah 26,94%; 11,93% dan 32,05%. Pada komposisi (P : K = 1 : 1), kandungan SiO_2 dan Al_2O_3 akan lebih kecil dan kandungan CaO akan lebih besar. Pada suasana basa, SiO_2 dan Al_2O_3 akan membentuk aktive-site negatif, sehingga kation-kation akan terserap. Karena itu penurunan kadar SiO_2 dan Al_2O_3 pada (P : K = 1 : 1) akan menurunkan terserapnya kation (Fe^{3+} dan Cd^{2+}) pada sorben.

Ion $Cr_2O_7^{=}$, Ni^{2+} dan Co^{2+} terserap maksimum pada (P : K = 1 : 1), dimana pada komposisi ini kandungan CaO semakin besar, sehingga suasana larutan akan menjadi lebih basa. Karena itu ion-ion $Cr_2O_7^{=}$, Ni^{2+} dan Co^{2+} disamping terserap, juga ikut mengendap dan memadat bersama sorben. Pada pH yang lebih tinggi, semua kation umumnya terserap lebih besar. Pada Gambar 10 terlihat, efisiensi penyerapan $Cr_2O_7^{=}$ dan Ni^{2+} maksimum, tercapai pada 14 jam, Fe^{3+} dan Co^{2+} 48 jam, sedangkan Cd^{2+} 72 jam.



Gambar 3. Pengaruh waktu kontak antara sorbat Cr(VI 70 ppm, Fe(III) 5700 ppm, Co(II) 1600 ppm, Ni(II) 1600 ppm, Cd(II) 2300 ppm, berat sorben 0,5 g, volume sorbat 10 mL, suhu pengaktifan 140 °C, pH sorbat untuk Ni dan Co 6, Cd 5 dan Cr 5.

KESIMPULAN

Campuran pozzolan alam (P) dan kapur (K) bisa digunakan sebagai salah satu material untuk menyerap serta mengendalikan logam berat krom, besi, kobal, nikel dan kadmium.

Dengan komposisi campuran (P : K = 1 : 1; P : K = 2 : 1), suhu pengaktifan 140°C dan atau 180°C, waktu kontak 14, 48 dan 72 jam, ion-ion $Cr_2O_7^{=}$, Fe^{3+}, Co^{2+}, Ni^{2+} dan Cd^{2+} terserap sebesar 1380, 113870, 31430, 31330 dan 22030 µg oleh 1 gram campuran (P + K).

DAFTAR PUSTAKA

1. Hills, C.D., Sollar, C.J., Perry, R., "Solidification of Hazardous Wastes Containing Cyanide", *Cum. Conc. Res* 24 (1994)
2. Yan, T. Y., "Mercury Removal from Oil by Reactive Adsorption", *Ind. Eng. Chem. Res.*, 35, 3697-3701 (1996)
3. Tumidasjki, P. J., Thomson, M. L., "Influence of Cadmium on The Hydration of C_3A"., 24, 7, 1359-1372 (1994)
4. Campbell, K.M., *et al.*, "Stabilization of Cadmium and Lead in Portland Cement Paste Using a Synthetic Seawater Leachant", *Environ. Prog.*, 6, 99-103 (1987)
5. Cartledge, F.K., *et.al.*, "Immobilization of Cadmium and Lead Salts Using Portland Cement Fixing Agents", *Environ. Sci. Tech.*, 24, 6, (1990)
6. Arellano, F., Garcia-Sosa, I., Solache-Rios, M., "Sorption of Cobalt and Cadmium by Zeolite Y", *J. Radio Anal. Nucl. Chem., Letters*, 199(2), 107-133 (1995)
7. Ahmad, Sy., "Rekoveri Beberapa Logam Berat dalam Air", hal xxvi-1, Seminar Nasional Teknik Kimia Soehadi Reksowardoyo, Teknik Kimia ITB, 24-25 Oktober 1996
8. Seksi Mineral Bukan Logam dan Bahan Bakar, Endapan Tras (Pozzolan Alam) di Indonesia" DitJen. Pertambangan Umum, Dit. Geologi, Laporan D.E, No.2172 (1978)
9. Sanders, J.F., Keener, T. C., Wan, J., "Heated Fly Ash/Hydrated Lime Slurries for SO_2 Removal in Spray Dryer Absorbers", *Ind. Eng. Chem. Res.*, 34, 303 (1995)