

KOEFISIEN TRANSFER MASSA DARI STRONSIUM DALAM BENTONIT

Fesalina Tjahjaningsih*, Boy Bul**

* Pusat Teknologi Pengolahan Limbah Radioaktif - Badan Tenaga Atom Nasional

** Pusat Elemen Bahan Nuklir - Badan Tenaga Atom Nasional

ABSTRAK

KOEFISIEN TRANSFER MASSA DARI STRONSIUM DALAM BENTONIT. Untuk mempersiapkan calon tempat penyimpanan limbah radioaktif telah dilakukan penelitian mengenai daya serap bentonit Sr dengan menentukan koefisien transfer massa (k). Bentonit yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Tenggalek. Pada percobaan pendahuluan dibuat kurva kesetimbangan, kemudian ditentukan laju alir dengan mengalirkan larutan Sr ke bentonit sampai kesetimbangan tercapai. Dari hasil percobaan pada berbagai ukuran butir didapat kurva kesetimbangan yang mempunyai laju alir sebagai berikut: 40 mesh = 3,9 ml/mnt, 60 mesh = 4,1 ml/mnt, 100 mesh = 4,2 ml/mnt. Dari data diperoleh harga k relatif sama yaitu sekitar 3×10^{-3} sampai 5×10^{-3} m/mnt. Penyerapan semakin besar bila ukuran butir bentonit dan konsentrasi Sr dalam larutan semakin besar. Dari hasil penelitian diperoleh daya serap bentonit antara 35% sampai 60%. Dengan demikian bentonit asal Tenggalek ini dapat dipertimbangkan sebagai bahan urug.

ABSTRACT

MASS TRANSFER COEFFICIENT OF STRONTIUM IN BENTONITE. The sorption study is required for site selection in radioactive waste disposal. The sorption characteristics of Bentonite from Tenggalek was measured through the calculation of mass transfer coefficient (k). The equilibrium curves of Sr concentration in filtrate versus Sr concentration on Bentonite were obtained. The flow rate of Sr solution was measured until the bentonite reach the equilibrium. The flow rate obtained in three difference sizes of bentonite were 3.9 cc/minute for 40 mesh; 4.1 cc/minute for 60 mesh; 4.2 cc/minute for 100 mesh. The k value can be calculated from the above data and it was relatively the same (3×10^{-3} to 5×10^{-3}) m/minute. Sorption of Sr on bentonite was proportional with the Sr concentration on solution and bentonite size. The sorption of Sr on Tenggalek bentonite was in the range of 35 to 60 percent and this means that this material can be considered to use as backfill material.

PENDAHULUAN

Dalam rangka mempersiapkan tempat penyimpanan akhir (penyimpanan lestari) hasil imobilisasi limbah radioaktif diperlukan penelitian yang menunjang rancang bangun yaitu penelitian lapangan dan penelitian laboratorium.

Penelitian lapangan dilakukan dengan mengadakan pemboran untuk mempelajari sifat geologi, hidrologi dan sifat-sifat fisis mekanis serta formasi batuan. Penelitian laboratorium lebih ditekankan pada sifat atau karakterisasi tanah, lempung (clay) dan formasi batuan mengenai sorpsi serta transpor radionuklida karena pengaruh beberapa faktor, antara lain kenaikan suhu, tekanan, komposisi kimia air tanah.

Lempung yang dipakai adalah bentonit yang telah dipromosikan sebagai salah satu calon yang dapat digunakan sebagai bahan urug dalam sistem penyimpanan akhir limbah radioaktif di dalam tanah. Dalam penelitian ini

digunakan bentonit yang berasal dari Tenggalek.

Mekanisme adsorpsi terjadi karena perpindahan massa *solute* (adsorbat) dalam *solvent* ke adsorban. Sebagai *solute* digunakan larutan Sr dan sebagai adsorban adalah bentonit.

Rumus umum untuk perpindahan massa adalah:

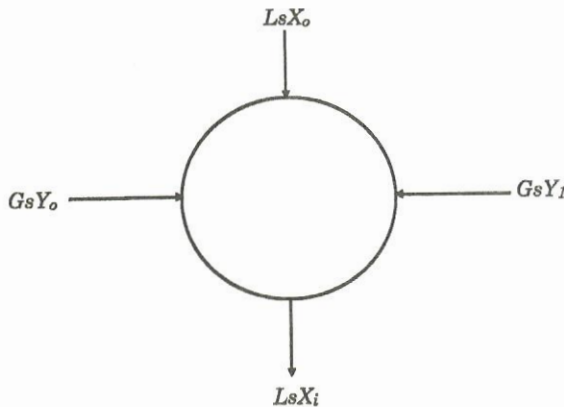
$$\frac{dN}{d\theta} = k \cdot A_{eff} \cdot (\Delta C_m) \quad (1)$$

$\frac{dN}{d\theta}$ = laju perpindahan massa, A_{eff} luas permukaan efektif, ΔC_m = perbedaan konsentrasi Sr dalam air dan bentonit, k = konstanta koefisien perpindahan massa.

Harga k dapat digunakan sebagai kriteria dalam menentukan bahan tersebut layak atau tidak digunakan sebagai bahan urug.

Berdasarkan rumus di atas, harga k dipengaruhi oleh luas permukaan adsorben dan konsentrasi *solute*. Dalam penelitian ini kedua besaran tersebut akan dipelajari. Untuk menentukan seberapa banyak Sr yang diserap oleh bentonit, bisa dihitung dengan menggunakan rumus neraca massa.

Penurunan rumus neraca massa dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Model Penyerapan Sr dalam Bentonit

L_s = banyaknya air yang terdapat dalam larutan, G_s = berat bentonit dalam gram, X = perbandingan berat antara *solute* dan air, Y = perbandingan berat antara *solute* dan bentonit. Dari gambar diperoleh :

$$L_s (X_o - X_1) = G_s (Y_1 - Y_o)$$

atau

$$L_s (X_o - X_1) = - G_s (Y_o - Y_1)$$

$$(Y_o - Y_1) = - \frac{L_s}{G_s} (X_o - X_1) \quad (2)$$

Substitusi persamaan (1) dan (2) didapat :

$$N = G_s (Y_1 - Y_o)$$

$$= L_s (X_o - X_1)$$

BAHAN, ALAT DAN TATAKERJA

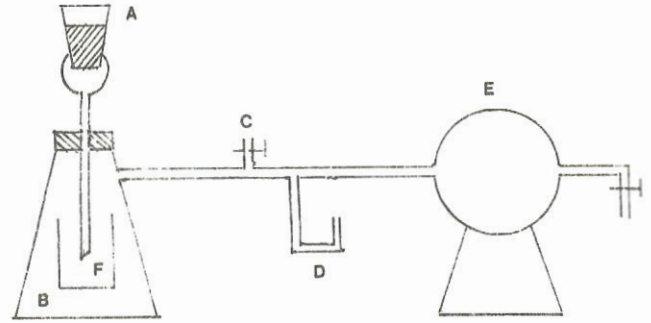
Bahan

- Larutan stronsium nitrat
- Bentonit

Alat

- Cawan filter (A)
- Erlenmeyer (B)
- Kran pengatur (C)
- Manometer (D)

- Pompa vakum (E)
- Tempat penampungan filtrat (F)
- AAS (Atomic Absorption Spectrometry)



Gambar 2. Rangkaian peralatan untuk menentukan harga k

Tata Kerja

Pembuatan kuva Kesetimbangan

Ke dalam setiap larutan Sr, yang secara berturut-turut mempunyai konsentrasi 190, 400, 700, 1130 ppm, dimasukkan bentonit sebanyak 10 gram. Campuran dibiarkan bersentuhan, dan kemudian konsentrasi Sr dianalisis sampai diperoleh konsentrasi yang tetap.

Penentuan laju alir

Dipilih laju alir larutan Sr yang sesuai dengan penyerapan Sr bentonit dalam kurva kesetimbangan, dengan cara mengatur pembukaan kran C. Waktu kontak dipilih sehingga setiap filtrat yang keluar berada dalam keadaan kesetimbangan dengan Sr yang melekat dalam bentonit (C_s) sehingga memenuhi kurva kesetimbangan. Kemudian diselidiki apakah laju alir yang digunakan sudah merupakan laju alir maksimum, yaitu dengan cara menaikkan laju alir sedikit demi sedikit hingga kurva kesetimbangan tidak dipenuhi lagi; laju alir maksimum yang dapat diambil adalah laju alir maksimum yang dapat memenuhi kurva kesetimbangan.

Penentuan harga k

Larutan Sr dengan konsentrasi tertentu (319, 577, 913 ppm) dialirkan ke dalam bentonit ukuran tertentu (40, 60, 100 mesh) dengan laju alir seperti di atas; setiap 5 menit filtrat ditampung dan dianalisis. Percobaan dihentikan setelah konsentrasi filtrat sama dengan konsentrasi umpan.

HASIL PERCOBAAN DAN PEMBAHASAN

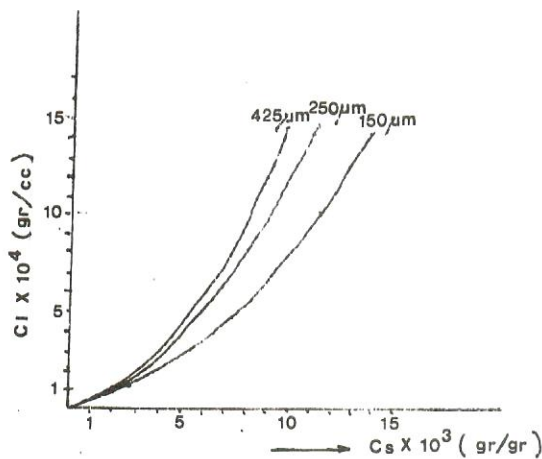
Dari percobaan untuk membuat kurva kesetimbangan, diperoleh data yang dapat dilihat pada Tabel 1. Dari data pada tabel 1 tersebut

Untuk menentukan laju alir yang sesuai dengan kondisi setimbang, lebih dahulu dapat dilakukan percobaan pada alat yang digunakan. Data yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1. Kurva kesetimbangan

Ukuran partikel bentonit	larutan standar	pengukuran AAS (ppm)	kurva kalibrasi (ppm)	$C_1 \times 10^4$ (g/cc)	$C_s \times 10^3$ (g/cc)
425 μm	1	1100	8,024	10,030	8,17
	2	686	4,384	5,480	5,82
	3	439	2,624	3,280	4,22
	4	204	1,192	1,490	2,51
	5	86	0,492	0,615	1,285
420 μm	1	1052,5	7,60	9,50	8,7
	2	655,0	4,16	5,20	6,1
	3	417,5	2,40	3,10	4,4
	4	192,5	1,12	1,40	2,6
	5	84,0	0,40	0,60	1,3
150 μm	1	937,5	6,520	8,15	10,075
	2	557,5	3,400	4,35	6,950
	3	335,0	1,992	2,49	5,000
	4	142,5	0,840	1,05	2,950
	5	55,0	0,304	0,38	1,530

dibuat kurva kesetimbangan konsentrasi Sr dalam filtrat (C_1) dan konsentrasi Sr dalam bentonit (C_s) (Gambar 3).



Gambar 3. Kurva kesetimbangan

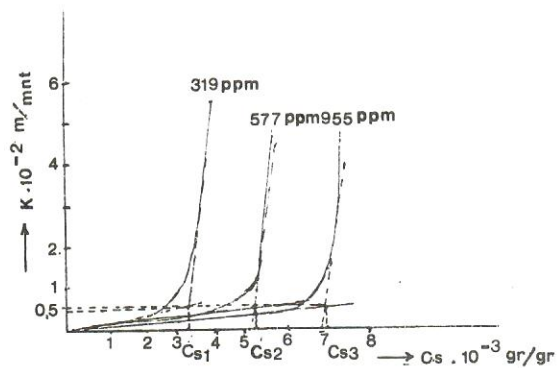
Dari grafik terlihat bahwa kurva untuk masing-masing ukuran butir berbeda; semakin kecil ukuran butir bentonit, C_s semakin besar ukuran yaitu C_s 425 μm = 8,17 g/g; C_s 250 μm = 8,7 g/g; C_s 150 μm = 10,075 g/g.

Tabel 2. Data untuk laju alir

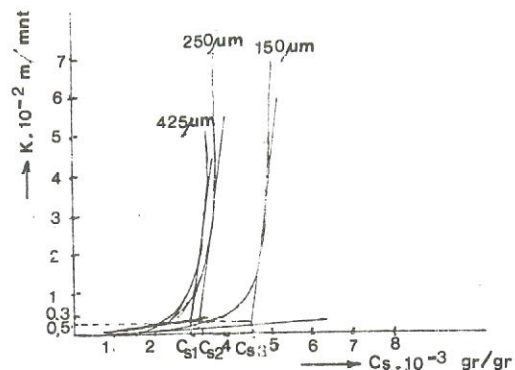
Ukuran butir (μm)	Waktu (menit)	Volume (ml)
425	5	19,5
250	5	20,6
150	5	21,2

Laju alir maksimum yang memenuhi kurva kesetimbangan adalah laju alir yang sebesar-besarnya dimana kurva kesetimbangan dapat dipenuhi oleh C_s dan C_1 karena dengan laju alir lebih besar, kurva kesetimbangan tidak akan terpenuhi, sedang dengan laju lebih rendah dimana C_1 dan C_s tidak berubah berarti tidak ada massa Sr yang dipindahkan $dN/d\theta = 0$. Laju alir untuk ukuran 425 μm : $19,5/5 = 3,9$ ml/menit; ukuran 250 μm : $20,6/5 = 4,1$ ml/menit; ukuran 150 μm $21,2/5 = 4,2$ mml/menit.

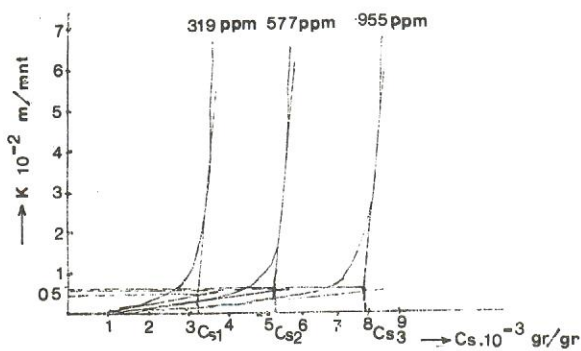
Setelah laju alir yang tepat diperoleh maka analisis dilakukan dengan rentang waktu 5 menit; dari pengolahan data diperoleh nilai k , dan dalam bentuk grafik antara k dan C_s dapat dilihat pada Gambar 4 s/d 9



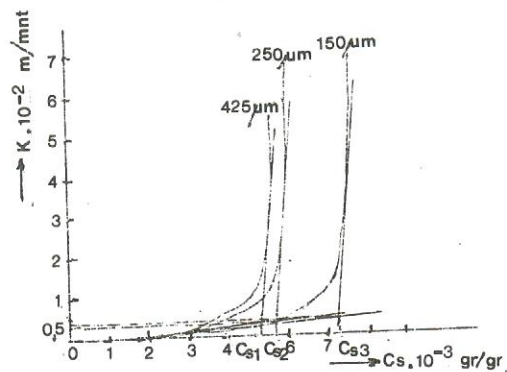
Gambar 4. Kurva k vs C_s pada 425 μm



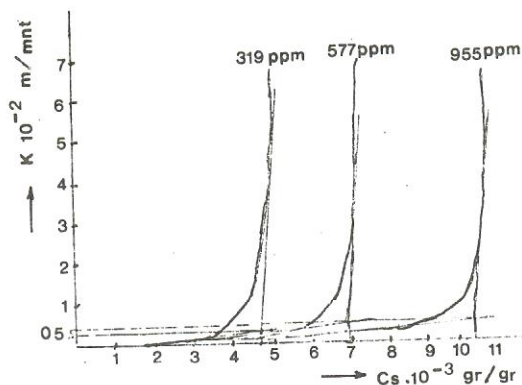
Gambar 7. Kurva k vs C_s pada 319 ppm



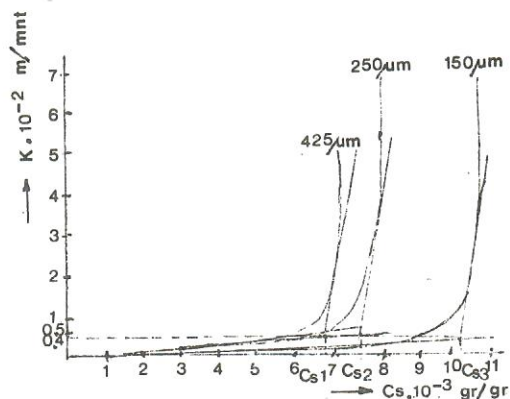
Gambar 5. Kurva k vs C_s pada 250 μm



Gambar 8. Kurva k vs C_s pada 577 ppm



Gambar 6. Kurva k vs C_s pada 150 μm



Gambar 9. Kurva k vs C_s pada 955 ppm

Dari grafik diperoleh data nilai k dengan variasi ukuran bentonit dan variasi konsentrasi yang dapat dilihat pada Tabel 3 dan 4.

Dari pengolahan data diperoleh nilai k , dimana k merupakan fungsi waktu yang dapat dilihat dari grafik dengan pelonjakan k pada C_s tertentu. Dari data nilai k yang terdapat pada Tabel 3 dan 4 terlihat bahwa nilai k antara 3.10^{-3} sampai 5.10^{-3} m/menit, hanya penyerapannya semakin besar bila ukuran bentonit semakin kecil dan konsentrasi Sr dalam larutan semakin besar.

Tabel 3. Data harga k variasi ukuran butir

Ukuran butir μm	$C_s \cdot 10^{-3}$ g/g	$k \cdot 10^{-3}$ m/menit
425	3,4	4,5
	5,15	5
	7,05	5
250	3,5	4
	5,65	4,5
	8,15	5
150	4,95	4
	7,25	5
	10,875	5

Prosentase daya serap bentonit dapat dihitung dengan membagi konsentrasi Sr dalam bentonit dengan konsentrasi Sr dalam umpan didapat antara 30% sampai 60%.

DAFTAR PUSTAKA

1. Alberty Robert A., Physical Chemistry, 6 edition, John Wiley & Sons Company, Inc.
2. Brown George Granger, Unit Operation., 4 printing, Modern Asia Edition (1978).
3. Gandadisastra, S., Tinjauan perkembangan bentonite untuk masa kini dan yang akan datang di Indonesia, Indonesia, PPTM (1984).
4. Mc Kay, H.A.C., Principles of Radiochemistry, Applied Chemistry Division, A.E.R.E, Harwell, Berkshire.
5. Perry Robert, H., Perry's Chemical Engineers Handbook, 6 edition, Mc Graw-Hill Company, Inc.
6. Soetrisno, Pemisahan Cs, Sr dan Co dalam limbah simulasi secara penukar kation., PPNY-BATAN, Yogyakarta.
7. Treyball. R. E., "Mass Transfer Operation" International Student Edition, Mc Graw Hill Book Co. (1955).
8. Ai Sutarsih., Penentuan luas permukaan spesifik dari beberapa serbuk, Skripsi Universitas Pajajaran Bandung (1984).

Tabel 4. Data harga k variasi konsentrasi

Konsentrasi ppm	$C_s \cdot 10^{-3}$ g/g	$k \cdot 10^{-3}$ m/menit
319	3,15	3
	3,40	3
	4,80	3
577	5,25	4
	5,65	4
	8,15	4,5
955	6,90	4
	7,60	4
	10,70	4

KESIMPULAN

Diperoleh harga k antara 3.10^{-3} sampai 5.10^{-3} m/menit. Penyerapan semakin besar bila ukuran bentonit semakin kecil dan konsentrasi Sr dalam larutan semakin besar. Prosentase daya serap antara 30% sampai 60%. Dengan demikian bentonit asal Trenggalek dapat dipertimbangkan sebagai bahan urug (backfill material).

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih saya ucapkan kepada Sdri. Dewi Susilowati Staff BTPL-PTPLR. Sdr. Darwin Sitanggung dan Sdr. Mia Rahvi Achmad mahasiswa ITI Serpong yang telah melakukan penelitian Laboratorium di BTPL-PTPLR, hingga penelitian ini bisa selesai dengan baik.