

## **PREDIKSI KESETIMBANGAN ADSORPSI URANIUM PADA AIR DAN BERBAGAI SEDIMEN**

**Jasmi Budi Utami<sup>1</sup>, Gede Sutresna Wijaya<sup>2</sup>, Wahyudi Budi Sediawan<sup>2</sup>, Bardi Murachman<sup>2</sup>**

1) Pusat Sains dan Teknologi Akselerator-BATAN, Jalan Babarsari PO BOX 6101, Yogyakarta 55281

2) Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik - Universitas Gadjah Mada  
Email: budi.utami@batan.go.id

### **ABSTRAK**

**PREDIKSI KESETIMBANGAN ADSORPSI URANIUM PADA AIR DAN BERBAGAI SEDIMEN.** Kegiatan penelitian, pengembangan, penambangan, dan pemurnian uranium berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan. Uranium merupakan salah satu logam berat berbahaya karena bersifat racun dan radioaktif sehingga perlu diketahui sampai sejauh mana sebaran uranium di lingkungan. Penelitian ini bertujuan meramalkan model kesetimbangan adsorpsi uranium yang dapat berlaku umum pada berbagai sedimen. Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai data dukung bagi kegiatan analisis dampak lingkungan dalam pembangunan PLTN. Percobaan adsorpsi uranium dijalankan dalam sistem *batch*. Air limbah sebanyak 100 mL yang mengandung uranium dimasukkan ke dalam erlenmeyer dan pH larutan diatur menjadi 7. Sebanyak 0,5 g sedimen dengan berbagai kandungan bahan organik, dimasukkan ke dalam erlenmeyer. Erlenmeyer ditempatkan dalam *shaker* dengan kecepatan 100 rpm selama 6 jam dan dibiarkan selama 24 jam sampai tercapai kesetimbangan. Filtrat yang terbentuk disaring dan dianalisis menggunakan spektrofotometer. Lima model kesetimbangan isothermal diajukan untuk mendekati data kesetimbangan. Kesetimbangan Chapman cocok dalam mendekati data percobaan pada berbagai sedimen dengan berbagai kadar bahan organik. Hasil olah data menunjukkan hanya bahan organik yang signifikan berperan dalam adsorpsi uranium. Berdasarkan asumsi hanya bahan organik yang mengadsorpsi uranium diajukan suatu metode yang dapat dipakai untuk meramalkan kesetimbangan adsorpsi uranium yang berlaku umum pada berbagai sedimen. Sebagai hasil, kesetimbangan Chapman memiliki nilai parameter  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  berturut-turut sebesar 255 mg/g bahan organik; 0,049 L/mg, dan 1,9.

Kata kunci: kesetimbangan, adsorpsi, uranium, prediksi, bahan organik

### **ABSTRACT**

**PREDICTION OF URANIUM ADSORPTION EQUILIBRIUM ON WATER AND VARIOUS OF SEDIMENTS.** Research, development, mining, and refining of uranium as nuclear fuel has potentially polluted the environment. Since uranium is a toxic and radioactive heavy metal, it is necessary to identify its distribution in nature. This study aims to define the uranium adsorption equilibrium model in water and sediment. The model is also supposed to be appropriate for various sediments. It is expected that this research will be useful as supporting data for environment impact analysis in nuclear power plant development. Experiments were performed in a batch system. One hundred milliliters of waste water containing uranium were placed in an erlenmeyer flask. Waste water pH was treated at 7 by adding HCl or NaOH. Sediment with some organic content was used as an adsorbent. The process was shaken at 100 RPM for six hours and then is left for 24 hours to reach the equilibrium. The resulting filtrate was filtered and analyzed using a spectrophotometer. Five different isotherm equilibrium models were proposed in order to fit the equilibrium experimental data. It was found that Chapman equilibrium could fit the data more thoroughly than the other models. Results data showed organic ingredients that played a significant role in adsorption uranium. Based on the assumption that only organic material adsorbs uranium proposed a method that can be used to predict the equilibrium adsorption of uranium in force general on various of

sediment. From the calculation, Chapman Model was known that parameter values of  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  were 255 mg/g organic matter, 0.049 L/mg, and 1.9 respectively.

Keywords: adsorption, equilibrium, uranium, sediment, organic matter.

## PENDAHULUAN

Proses peluruhan uranium menghasilkan jenis radiasi yang dapat menyebabkan kanker, kerusakan genetik, gangguan hormon dan mengurangi jumlah sel darah. Kadar uranium sebesar 1000  $\mu\text{g/L}$  dalam air minum telah terbukti menyebabkan kerusakan ginjal pada manusia [1]. Berdasarkan Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir (Bapeten) No. 07 Tahun 2013 tentang Nilai batas Radioaktivitas Lingkungan, kadar Uranium tertinggi yang diizinkan di air sebesar 20 Bq/l.

Kegiatan penelitian, pengembangan, penambangan, dan pemurnian uranium berpotensi menimbulkan limbah cair yang mengandung zat radioaktif salah satunya uranium. Limbah cair yang mengandung uranium setelah dari kolam pengolahan limbah selanjutnya akan dialirkan ke sungai. Uranium yang dibawa oleh aliran sungai dapat bermigrasi dari air ke padatan, yaitu sedimen sungai dan tanah. Uranium merupakan salah satu logam berat berbahaya dan radioaktif sehingga perlu diketahui sampai sejauh mana sebaran uranium di lingkungan. Penyebaran polutan ke lingkungan melibatkan proses transfer massa. Transfer massa terjadi karena perbedaan konsentrasi awal dengan konsentrasi kesetimbangan. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian tentang prediksi kesetimbangan adsorpsi uranium yang dapat berlaku general pada berbagai sedimen.

Penelitian tentang adsorpsi uranium telah dilakukan oleh beberapa peneliti namun hasil penelitian tersebut belum bisa dipakai untuk meramalkan kesetimbangan adsorpsi yang berlaku secara general pada berbagai sedimen. Oleh karena itu pada penelitian ini akan dilakukan prediksi kesetimbangan adsorpsi yang dapat berlaku secara general pada berbagai sedimen.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan model kesetimbangan adsorpsi uranium pada air dan sedimen serta meramalkan model kesetimbangan adsorpsi uranium yang dapat berlaku general pada berbagai sedimen. Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai data dukung

bagi kegiatan analisis dan evaluasi dampak lingkungan dalam pembangunan PLTN dan fasilitas daur bahan bakar reaktor nuklir.

## Teori

Ada banyak model kesetimbangan adsorpsi yang dikenal namun untuk menyederhanakan penyelesaian masalah maka hanya 5 (lima) model kesetimbangan adsorpsi yang digunakan, yaitu: adsorpsi linier/Henry, Freundlich, Langmuir, Brunauer–Emmett–Teller (BET) dan Chapman. Model kesetimbangan ini dianggap cukup mewakili klasifikasi adsorpsi isoterm oleh brunauer dkk., 1940 [1].

Adsorpsi linier berlaku pada sistem larutan yang sangat encer dan dinyatakan sebagai:

$$q_e = K \times C_e \quad (1)$$

Persamaan Freundlich berasumsi bahwa adsorpsi terjadi secara *multilayer* dan permukaan adsorben heterogen [3]. Persamaan isoterm Freundlich dinyatakan sebagai:

$$q_e = \frac{x}{m} = K_f C_e^{1/n} \quad (2)$$

Persamaan Langmuir berdasarkan asumsi bahwa adsorpsi terjadi secara *monolayer*, bersifat *reversible* dan dinyatakan sebagai [3]:

$$q_e = \frac{x}{m} = \frac{a b C_e}{1 + b C_e} \quad (3)$$

Isoterm BET berlaku pada sistem adsorpsi *multilayer* dan dirumuskan sebagai berikut [4]:

$$q_e = \frac{q_s C_{BET} C_e}{(C_s - C_e)[1 + (C_{BET} - 1)(C_e/C_s)]} \quad (4)$$

Persamaan sigmoidal Chapman merupakan isoterm tipe “S” menurut klasifikasi Giles [5]. Persamaan ini menyatakan adsorpsi sangat kecil pada konsentrasi rendah namun adsorpsi akan meningkat dengan semakin meningkatnya konsentrasi larutan. Hal ini disebabkan a) adanya reaksi lain dalam larutan seperti reaksi kompleksasi dengan ligan yang dapat mengakibatkan penjerapan adsorbat menjadi terhambat, b) adanya gaya tarik menarik antar adsorbat yang mengakibatkan terjadi adsorpsi

gabungan (*cooperative adsorption*). Persamaan sigmoidal Chapman dinyatakan sebagai [6]:

$$q_e = \alpha (1 - e^{-\beta \cdot C_e})^{\gamma} \quad (5)$$

Kadar uranium di fase padat dihitung dengan menggunakan Persamaan (6) [7]:

$$q_e = \frac{V}{m} (C_0 - C_e) + q_0 \quad (6)$$

Adsorpsi uranium oleh sedimen salah satunya dipengaruhi oleh kadar bahan organik dalam sedimen. Adanya senyawa organik yang cukup dalam sedimen memungkinkan terjadinya khelat yaitu senyawa organik yang berikatan dengan kation logam seperti uranium (U). Semakin tinggi kadar organik suatu sedimen maka akan semakin besar adsorpsi yang terjadi. Kandungan bahan organik memegang peran dominan dalam proses adsorpsi logam.

Berdasarkan asumsi bahwa hanya bahan organik yang menjerap uranium, bila kurva kesetimbangan adsorpsi dinyatakan dalam  $q_e$ , (dalam mg/g organik) terhadap  $C_e$  maka model kesetimbangan adsorpsi uranium diperkirakan sama untuk semua sedimen. Metode ini dapat digunakan untuk meramalkan kesetimbangan adsorpsi uranium pada berbagai sedimen.

Kadar uranium dalam sedimen ( $q_e$ ) dalam satuan mg/g sedimen dapat dinyatakan dalam  $q_e$ , dalam satuan mg/g organik menggunakan Persamaan (7) berikut:

$$q_e \left\{ \text{dalam } \frac{\text{mg}}{\text{g}} \text{ organik} \right\} = \frac{q_e \{ \text{dalam } \frac{\text{mg}}{\text{g}} \text{ sedimen} \}}{\% \text{ bahan organik } \left\{ \text{dalam } \frac{\text{g organik}}{\text{g sedimen}} \right\}} \quad (7)$$

## METODE

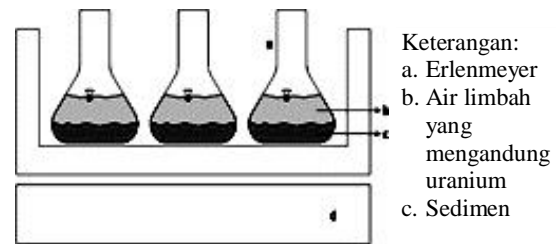
### Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah (1) Sedimen lumpur kolam terpadu PTAPB berukuran 200 *mesh* dengan kadar bahan organik 27,67 % ; (2) Sedimen sungai berukuran 200 *mesh* dengan kadar bahan organik 10,64 %; (3) Sedimen tanah berukuran 200 *mesh* dengan kadar bahan organik 5,20 %; (4) Air buangan terpadu dari kolam terpadu PTAPB – Batan Yogyakarta yang mengandung ion uranium; (5) Senyawa  $(\text{UO}_2)(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ; (6) HCl 37,5 %; (7)

NaOH; (8) Aquades; (9) Kertas saring Whatman 40.

### Peralatan

Alat yang digunakan adalah *shaker batch HS 500*, Spektrofotometer *Genesys 20*, Spektrometer gamma dengan detektor HPGe, pH meter dan seperangkat alat gelas. Skema Rangkaian alat penelitian dapat dilihat di Gambar 1 berikut ini:



Gambar 1. Rangkaian Alat Percobaan

### Cara Kerja

Preparasi sedimen sebagai adsorben dilakukan dengan cara dikeringkan di bawah sinar matahari selama  $\pm 2$  hari, kemudian dihaluskan dan diayak, selanjutnya dioven pada suhu  $105^\circ\text{C}$  selama 2 jam. Sedimen lalu ditimbang dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer. Sementara untuk keperluan analisis kadar uranium awal, sedimen dimasukkan ke dalam wadah polietilen lalu ditutup rapat dan dilakban tutupnya. Sebelum dilakukan analisis kadar uranium, sampel disimpan terlebih dahulu selama kurang lebih 4 minggu agar tercapai kesetimbangan sekuler. Analisis kadar uranium dalam sedimen menggunakan alat spektrometri gamma, hanya dilakukan sekali yaitu sebelum proses adsorpsi untuk menentukan nilai  $q_0$ .

Air limbah sebanyak 100 ml yang mengandung uranium dengan konsentrasi tertentu dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 ml. pH air limbah dibuat 7 dengan menambahkan HCl atau NaOH. Sebanyak 0,5 g sedimen dimasukkan ke dalam labu erlenmeyer. Erlenmeyer ditempatkan dalam shaker dengan kecepatan 100 rpm selama 6 jam dan dibiarkan selama 24 jam sampai tercapai kesetimbangan. Filtrat yang terbentuk disaring dan dianalisis menggunakan spektrofotometer. Percobaan adsorpsi ini dilakukan dengan berbagai sedimen yang memiliki kadar bahan organik tertentu sebagai adsorben. Kadar bahan organik sedimen diukur sebagai VSS (*Volatile Suspended Solid*).

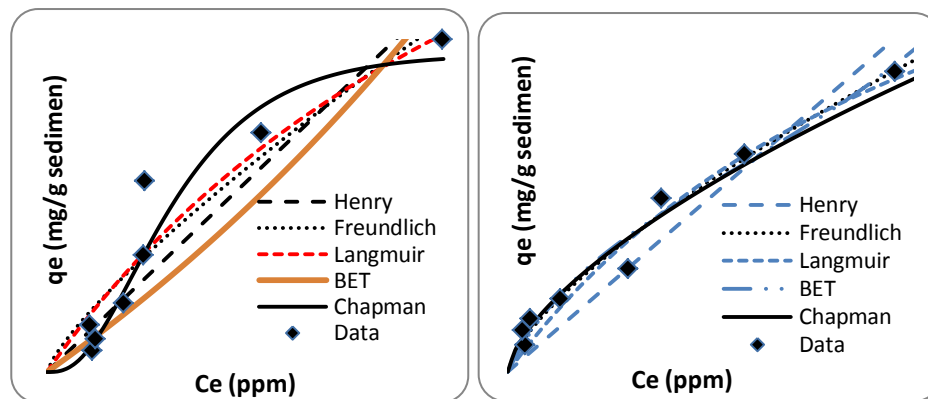
Penentuan kadar mineral seperti Si, Al, Fe dan Mg digunakan alat AAS.

Model kesetimbangan dan nilai tetapan kesetimbangan diperoleh dengan pencocokan hasil analisis sampel dengan model kesetimbangan yang ada, antara lain: Henry, Freundlich, Langmuir, BET dan Chapman. Pencocokan data dilakukan dengan minimasi kuadrat terhadap kesalahan (SSE, *Sum of Square of Error*). Proses minimasi dilakukan dengan program Matlab. Selain berdasarkan nilai SSE, penentuan model kesetimbangan yang cocok juga berdasarkan penilaian secara visual kedekatan model dengan data percobaan.

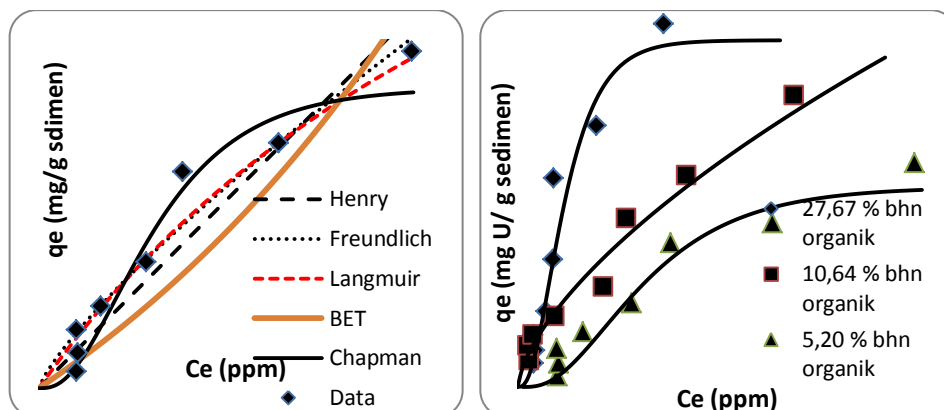
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Kesetimbangan Adsorpsi pada Sedimen dengan Kadar Bahan Organik: 27,64 %; 10,64% dan 5,20 %. Kesetimbangan adsorpsi merupakan informasi terpenting yang dapat menunjukkan distribusi molekul adsorbat pada fase cair dan padat ketika proses adsorpsi mencapai kesetimbangan. Percobaan kesetimbangan adsorpsi pada berbagai sedimen dilakukan pada pH air 7.

Hasil penyesuaian data percobaan dengan berbagai model kesetimbangan ditampilkan pada Gambar 2 dan Gambar 3. Gambar 2 untuk sedimen dengan kadar bahan organik 27,64 % dan 10,64%. Gambar 3(a) untuk sedimen dengan kadar bahan organik 5,20 %. Nilai tetapan masing-masing model kesetimbangan ditampilkan pada Tabel 1 .



Gambar 2. Kesetimbangan Uranium dalam Sedimen. (a) Sedimen berkadar 27,67 % bahan organik (lumpur). (b) Sedimen 10,64 % bahan organik (sedimen sungai)



Gambar 3. Kesetimbangan Uranium dalam Sedimen (a) Sedimen berkadar 5,20 % bahan organik. (b) Sedimen dengan berbagai kadar bahan organik.

Tabel 1. Nilai Parameter Masing – Masing Model Kesetimbangan

Model Kesetimbangan	Konstanta	Sedimen 27,67 % bahan organik (Lumpur)	Sedimen 10,64 % bahan organik (Sedimen sungai)	Sedimen 5,20 % bahan organik (Sedimen/Tanah)
Henry	K (l/g Sedimen)	1,016	0,422	0,227
	SSE	80,058	26,652	17,371
Freundlich	Kf (l/g Sedimen)	1,873	1,246	0,499
	n	1,259	1,426	1,246
	SSE	57,939	6,819	10,756
Langmuir	a (mg/g Sedimen)	63,224	44,278	40,190
	b (l/mg)	0,024	0,015	0,008
	SSE	48,991	10,214	8,763
BET	qs (mg/g Sedimen)	207,922	13,362	189,365
	CBET(l/mg)	0,537	9,173	0,269
	Cs(mg/l)	147,850	122,75	332,766
	SSE	124,767	8,626	40,173
Chapman	$\alpha$ (mg/g Sedimen)	23,900	133,352	13,784
	$\beta$	0,190	0,001	0,070
	$\gamma$	3,123	0,657	2,964
	SSE	39,651	8,525	10,365

Secara visual pada Gambar 2 dan Gambar 3 terlihat profil grafik yang menyerupai huruf S. Fenomena tersebut mengindikasikan adanya mekanisme tarik-menarik antarsolut pada permukaan adsorben dan disebut adsorpsi kooperatif [7]. Pada profil adsorpsi sigmoidal, mula-mula terjadi adsorpsi monolayer sampai titik lengkung grafik, kemudian sesudahnya terjadi adsorpsi multilayer. Dari beberapa model yang dicobakan, model Chapman paling mendekati data percobaan untuk menggambarkan kesetimbangan adsorpsi uranium dengan sedimen.

Secara statistik, harga SSE untuk sedimen berkadar 27,67 % bahan organik seperti yang terlihat pada Tabel 1(terlampir), model Chapman memberikan nilai yang paling kecil dibandingkan dengan model kesetimbangan yang lain. Hal ini menunjukkan bahwa persamaan sigmoidal Chapman merupakan model kesetimbangan yang paling mendekati dengan data percobaan. Sementara untuk sedimen berkadar 10,64 % dan 5,20 % bahan organik, model Freundlich dan Langmuir memberikan SSE paling kecil dibanding model isoterm yang lain namun nilai SSE tersebut tidak jauh beda dengan SSE model Chapman. Oleh karena itu dipilih model Chapman untuk menggambarkan kesetimbangan adsorpsi uranium dengan

sedimen berkadar 27,67 %; 10,64 % dan 5,20 % bahan organik.

Gambar 3(b) menunjukkan adsorpsi  $UO_2^{2+}$  pada konsentrasi rendah sangat kecil dan terjadi peningkatan adsorpsi pada konsentrasi yang semakin tinggi. Penyebab penjerapan ion uranil yang sangat kecil pada konsentrasi rendah karena adanya reaksi kompleksasi ion uranil dengan ligan partikel yang terdapat dalam air limbah. Hal ini mengakibatkan penjerapan ion uranil oleh adsorben sedimen menjadi terhambat. Menurut Schnoor [8], zat terlarut dapat teradsorpsi oleh permukaan partikel dalam air membentuk kompleks.

Peningkatan adsorpsi pada konsentrasi yang semakin tinggi, selain disebabkan semakin meningkatnya probabilitas ion  $UO_2^{2+}$  untuk menempati situs aktif juga disebabkan adanya gaya tarik menarik antar ion uranil yang mengakibatkan terjadi adsorpsi gabungan sehingga adsorpsi menjadi lebih optimal. Hal ini sesuai dengan asumsi dari persamaan sigmoidal Chapman bahwa adanya gaya tarik menarik antar adsorbat mengakibatkan terjadi adsorpsi gabungan (*cooperative adsorption*) [5].

Pada Gambar 3(b) dapat dilihat semakin tinggi kadar bahan organik dalam sedimen maka semakin besar kadar uranium yang terjerap dalam sedimen. Hal ini dikarenakan semakin tinggi kadar bahan organik sedimen

maka porositas sedimen semakin besar, internal surface area semakin besar sehingga situs aktif yang tersedia semakin banyak akibatnya semakin banyak uranium yang dapat menempati situs aktif. Gambar 3(b) menunjukkan kadar bahan organik berpengaruh terhadap proses adsorpsi uranium.

**Pengaruh Kadar Mineral dan Bahan Organik dalam Sedimen**

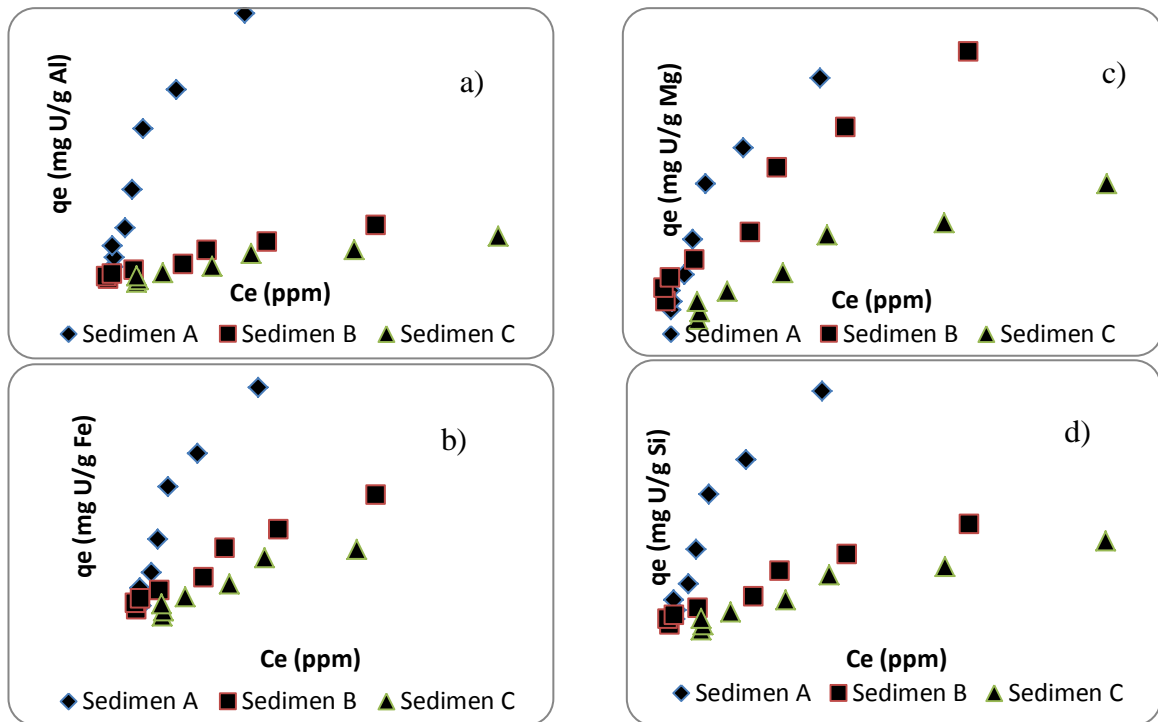
Keberadaan mineral (Si, Al, Fe, Mg) maupun bahan organik dalam sedimen dapat mempengaruhi proses penyerapan uranium. Kandungan kadar mineral (Si, Al, Fe, Mg) dalam sedimen dapat dilihat pada Tabel 2.

Seberapa besar pengaruh kadar mineral terhadap proses adsorpsi dapat diketahui dengan mengkonversi nilai  $q_e$  dalam satuan mg/gAl atau mg/gFe atau mg/gMg atau mg/gSi.

Apabila  $q_e$  data tersebut dapat didekati dengan satu garis maka mineral Si atau Fe atau Al atau Mg akan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap proses adsorpsi uranium. Namun bila data tersebut tidak dapat didekati dengan satu garis maka mineral Si atau Fe atau Al atau Mg tidak berpengaruh signifikan terhadap proses adsorpsi uranium bahkan dapat diabaikan. Hubungan antara kadar uranium dalam mineral ( $q_e$ ) terhadap kadar uranium dalam cairan ( $C_e$ ) dapat dilihat pada Gambar 4.

Tabel 3. Kandungan Mineral Sedimen

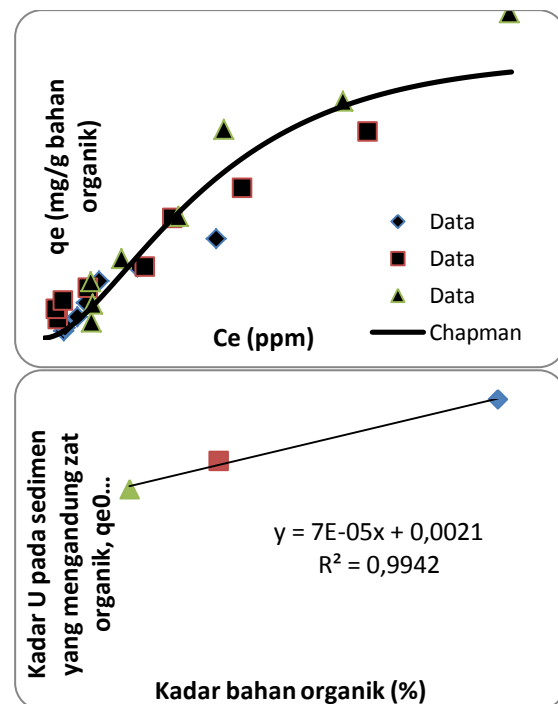
Jenis Sedimen	Unsur	Hasil Pengukuran (%)			
		I	II	III	Rata-rata
Sedimen/Tanah	Al	12,0671	11,6613	11,7627	11,83
	Fe	5,3401	5,3401	5,495	5,39
	Mg	0,9897	0,9693	0,9795	0,98
	Si	24,7485	25,9488	25,3487	25,35
Sedimen sungai	Al	12,448	12,5488	12,6506	12,55
	Fe	5,4067	5,4067	5,484	5,43
	Mg	0,6518	0,662	0,6518	0,66
	Si	28,2928	27,6938	27,6938	27,89
Sedimen lumpur kolam	Al	3,4047	3,4452	3,3641	3,40
	Fe	3,5567	3,7116	3,7116	3,66
	Mg	0,9179	0,8975	0,9077	0,91
	Si	15,7386	16,3384	15,1387	15,74



Gambar 4. Hubungan antara kadar uranium dalam mineral ( $q_e$ ) terhadap kadar uranium dalam cairan ( $C_e$ ): (a)  $q_e$  dalam mg U/g Al, (b)  $q_e$  dalam mg U/g Fe, (c) dalam mg U/g Mg, dan (d) dalam mg U/g Si

Pada Gambar 4 dapat dilihat bahwa data percobaan tidak dapat didekati dengan satu garis/model kesetimbangan. Hal ini menunjukkan bahwa keberadaan bahan mineral dalam sedimen tidak berpengaruh signifikan terhadap proses adsorpsi uranium.

Pengaruh kadar bahan organik ditentukan dengan menghitung kadar uranium dalam bahan organik ( $q_e$  dalam satuan mgU/mg bahan organik) kemudian membuat grafik hubungan  $C_e$  terhadap  $q_e$ . Apabila data tersebut dapat didekati dengan satu garis maka bahan organik akan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap proses adsorpsi uranium. Namun bila data tersebut tidak dapat didekati dengan satu garis yang mewakili model kesetimbangan maka bahan organik tidak berpengaruh signifikan terhadap proses adsorpsi uranium.



Gambar 5(atas). Kurva Kesetimbangan Adsorpsi Uranium dalam Bahan Organik Gambar 5 (bawah). Hubungan Kadar Bahan Organik terhadap Kadar Uranium dalam Sedimen

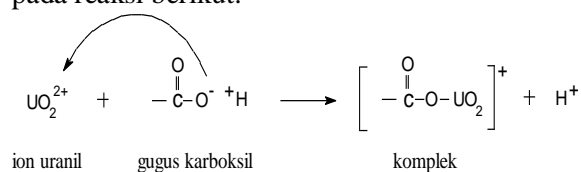
Pada Gambar 5 (atas) dapat dilihat bahwa data percobaan membentuk suatu pola tertentu dan

dapat didekati dengan satu garis. Hal ini menunjukkan bahwa kadar bahan organik berpengaruh signifikan terhadap kesetimbangan adsorpsi uranium dan hanya bahan organik yang mengontrol proses adsorpsi uranium. Bahan mineral dalam sedimen tidak signifikan menjerap uranium.

Hasil penelitian ini didukung juga dari hasil analisis kadar uranium mula-mula dalam sedimen sebelum adsorpsi ( $q_0$ ).  $q_0$  memiliki hubungan sangat erat dengan kadar bahan organik sedimen, seperti yang terlihat pada Gambar 5(bawah).

Hasil ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Stevenson [9] tentang keberadaan tembaga di dalam tanah disebabkan terikat secara organik (16,2 – 46,9 %), terjerap lempung (0,2 – 2,7 %) dan sisanya karena pertukaran ion (0,1 – 0,2 % total Cu) [10]. Hal ini dibuktikan juga oleh Ariyanto bahwa penurunan kadar logam Cr disebabkan pengkelatan bahan organik terhadap logam Cr.

Kandungan bahan organik dalam sedimen memegang peranan dominan dalam proses adsorpsi  $UO_2^{2+}$  dikarenakan bahan organik tersusun dari senyawa asam humat, asam fulvat, lipid, asam amino dll. Senyawa ini mengandung gugus fungsional COOH, OH fenolat, OH alkoholat yang mempunyai muatan negatif, sehingga gugus tersebut memiliki peluang untuk membentuk kompleks dengan ion  $UO_2^{2+}$ . Ikatan senyawa organik dengan logam disebut kelat. Contoh ikatan antara ion  $UO_2^{2+}$  dengan gugus karboksil dapat dilihat pada reaksi berikut.



### Kesetimbangan Adsorpsi Uranium dalam Berbagai Sedimen

Dengan asumsi hanya bahan organik dalam sedimen yang menjerap uranium sehingga ketika kurva kesetimbangan dinyatakan dalam  $q_e$  (mg/g organik) terhadap Ce, bisa dilihat pada Gambar 5(a), maka bentuk kurva kesetimbangan akan sama untuk semua sedimen. Berapapun kadar bahan organik sedimen, dari manapun asal sedimen maka bentuk kurva kesetimbangan adsorpsi uranium akan tetap seperti pada Gambar 5(a).

Model kesetimbangan yang paling mendekati data percobaan adalah model

Chapman sehingga diasumsikan bahwa persamaan Chapman dapat digunakan untuk memperkirakan kesetimbangan adsorpsi uranium dalam berbagai sedimen. Nilai parameter persamaan sigmoidal Chapman dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai Parameter Persamaan Chapman

$\alpha$ (mg/g bahan organik)	$\beta$ (l/mg)	$\gamma$
255	0,049	1,900

### KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini antara lain: Model Chapman cocok untuk mendekati data percobaan pada berbagai sedimen dengan berbagai kadar bahan organik. Semakin tinggi kadar bahan organik maka semakin besar kadar uranium yang teradsorpsi dalam sedimen. Bahan organik dalam sedimen berperan signifikan dalam proses adsorpsi uranium. Kesetimbangan Chapman untuk adsorpsi uranium pada pH 7 dan pada berbagai sedimen, yang dinyatakan dalam mg solut/g organik, menghasilkan nilai  $\alpha$  sebesar 255mg/g bahan organik,  $\beta$  sebesar 0,049 l/mg dan  $\gamma$  sebesar 1,9.

### DAFTAR PUSTAKA

1. [http://www.akaction.org/Publications/Mining/Uranium\\_Mining.pdf](http://www.akaction.org/Publications/Mining/Uranium_Mining.pdf) diakses tanggal 28 Mei 2012.
2. Do, D.D., *Adsorption Analysis: Equilibria and Kinetics*, Imperial College Press, London, 1998.
3. Metcalf and Eddy, *Wastewater Engineering Treatment & Reuse*, Fourth edition, Mc. Graw hill, New York, 2003.
4. Foo, K.Y., and Hameed, B.H., (2010), Review Insights Into the Modeling of Adsorption Isotherm Systems”, *Chem. Eng. J.* 156(2010) 2-10, 2010.
5. Hinz, C., Description of Sorption Data with Isotherm Equations, *Geoderma* 99 225–243, 2001.
6. Chatterjee, S., Dae, S., Lee, Min, W., Seung, H., and Woo, Enhanced Molar Sorption Ratio for Naphthalene through the Impregnation of Surfactant into Chitosan Hydrogel Beads, *Bioresour. Technol.* 101 4315–432, 2010.
7. Limousin, G., Gaudet, J-P., Charlet, L., Szenknect, S., Barthe, V., Krimissa, M.,



- Sorption isotherms: A review on physical bases, modeling and measurement*, Applied Geochemistry 22, pp. 249–275, 2007.
8. Schnoor, J.L., *Environmental Modeling : Fate and Transport of Polutant in Water, Air, and Soil* , John Wiley & Sons Inc., Canada, 1996.
  9. Stevenson, F.J., *Humus Chemistry: Genesis, Composition, and Reactions*, John Willey and Sons, New York, 1982.
  10. Ariyanto, D.P., *Ikatan Antara Asam Organik Tanah dengan Logam*, Jurusan Ilmu Tanah Fak. Pertanian, UNS, Surakarta, 2006.