

PENGARUH JENIS ADSORBEN DAN KONSENTRASI URANIUM TERHADAP PEMUNGUTAN URANIUM DARI LARUTAN URANIL NITRAT

Ratih Langenati*, Rachmad Mordiono M.**, Deni Mustika*, Bangun Wasito**, Ridwan***

*Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir, BATAN, Serpong

**Sekolah Tinggi Teknologi Nuklir–BATAN, Yogyakarta

***Pusat Teknologi Bahan Industri Nuklir, BATAN, Serpong

e-mail: ratih@batan.go.id

(Naskah diterima 24-09-2012, disetujui 29-10-2012)

ABSTRAK

PENGARUH JENIS ADSORBEN DAN KONSENTRASI URANIUM TERHADAP PEMUNGUTAN URANIUM DARI LARUTAN URANIL NITRAT. Kegiatan ini dilakukan untuk mengetahui kapasitas serap optimum adsorben terhadap uranium dan unjuk kerja adsorben dalam simulasi efluen proses dalam hal ini adalah larutan uranil nitrat. Parameter yang diteliti adalah konsentrasi Uranium dalam uranil nitrat dan jenis adsorben. Adsorben yang digunakan adalah komposit magnet (KM), magnet (M), karbon aktif (KA). Analisis perubahan konsentrasi Uranium dilakukan dengan menggunakan spektrometri UV-Vis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model persamaan kesetimbangan mengikuti model isotherm adsorpsi Langmuir sebesar: q_m (mg/g)_{KM} = 90,909; q_m (mg/g)_M = 50; q_m (mg/g)_{KA} = 41,66. Adsorben yang paling efektif dalam menyerap Uranium adalah komposit magnet. Kapasitas serap optimum adsorben tersebut dicapai pada saat terjadi kesetimbangan yang mana jumlah adsorbat yang diserap berada pada nilai maksimum. Kapasitas serap optimum komposit magnet berada pada konsentrasi 100 ppm dengan q_e sebesar 92,923 mg/g adsorben; konsentrasi 125 ppm untuk magnet (Fe₃O₄), q_e sebesar 47,591 mg/g adsorben dan konsentrasi 125 ppm untuk karbon aktif, q_e sebesar 34,939 mg/g adsorben. Nilai energi adsorpsi komposit magnet sebesar 0,851 kJ/mol ; energi adsorpsi magnet sebesar 4,664 kJ/mol dan energi adsorpsi karbon aktif sebesar 7,882 kJ/mol. Dengan menggunakan mikroskop electron dapat diketahui ukuran partikel dari komposit magnet, magnet dan karbon aktif sekitar 10 μ m.

Kata kunci: komposit magnet, magnet (Fe₃O₄), karbon aktif, konsentrasi uranium dalam efluen proses, kesetimbangan adsorpsi.

ABSTRACT

THE EFFECT ADSORBENT VARIATION AND URANIUM CONCENTRATION FOR URANIUM ADSORPTION FROM EFFLUENT PROCESS. *Research The Effect of Variation Adsorbent and Concentration of Uranium Towards The Uranium Adsorption from Effluent Process has been carried out. The purpose of this research is to determine the optimum adsorption capacity of uranium adsorbent and adsorbent performance in effluent process. The variables to be analyzed is concentration of effluent process and kind of adsorbent. This research using adsorbent which is the result of PTBIN – BATAN research with BBKA (II) code. The analysis are conducted by using UV-Vis spectrometry. The result of this research shows that adsorption constancy equation model follow isotherm adsorption of Langmuir model : q_m (mg/g)_{magnet composite} = 90,909; q_m (mg/g)_{magnet} = 50; q_m (mg/g)_{activated carbon} = 41,66. The most effective adsorbent to adsorp uranium is magnet composite. The optimum adsorption capacity reached when the adsorbent amount which is adsorp in the maximum value. The optimum adsorp*

capacity of magnet composite in concentration 100 ppm with $q_e = 92.923$ mg/g adsorbent; concentration 125 ppm for magnet, $q_e = 47.591$ mg/g adsorbent and concentration 125 ppm for activated carbon, $q_e = 34.939$ mg/g adsorbent. The value of adsorption energy is 0,851 kJ/mol for magnet composite; 4,664 kJ/mol for magnet and 7,882 kJ/mol for active carbon. By using SEM, the size of particle can be known. Magnet composite have $10\mu\text{m}$; magnet have $10\mu\text{m}$ and activated carbon have $10\mu\text{m}$.

Keywords : magnet composite, magnet (Fe_3O_4), activated carbon, concentration of effluent process, adsorption equation.

I. PENDAHULUAN

Limbah radioaktif adalah zat radioaktif yang sudah tidak dapat digunakan lagi, atau bahan serta peralatan yang terkena zat radioaktif atau menjadi radioaktif dan sudah tidak dapat difungsikan/dimanfaatkan. Bahan atau peralatan tersebut terkena atau menjadi radioaktif kemungkinan saat pengoperasian instalasi nuklir atau instalasi yang memanfaatkan radiasi pengion. Berdasarkan pengertian di atas, limbah radioaktif merupakan unsur atau zat sisa dari hasil pemanfaatan zat radioaktif.

Limbah radioaktif dapat dikelompokkan menurut aktivitas, umur zat radioaktif ataupun berdasar wujud zat radioaktif tersebut. Berdasarkan aktivitasnya, limbah radioaktif dibagi menjadi 3 yaitu limbah dengan aktivitas tinggi, sedang, dan rendah. Limbah radioaktif aktivitas tinggi dan sedang, dapat dimanfaatkan kembali sebagai bahan bakar nuklir. Sedangkan untuk limbah radioaktif aktivitas rendah kemungkinan untuk dimanfaatkan sebagai bahan bakar nuklir sangat kecil.

Akan tetapi, limbah radioaktif aktivitas rendah tersebut masih bernilai ekonomis. Sebagai contoh, limbah hasil proses dan pengujian atau disebut juga efluen proses di Instalasi Elemen Bakar Eksperimental (IEBE), yang memiliki kadar Uranium di atas 50 ppm. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis atau peninjauan kembali terhadap limbah radioaktif tersebut, sehingga tidak berbahaya bagi lingkungan

dan tetap dapat dimanfaatkan untuk penelitian. Metode pemanfaatan atau pengambilan uranium ada beberapa macam, diantaranya metode pengeringan, pertukaran ion dan penjerapan (adsorpsi).

Jenis adsorben yang digunakan dalam kegiatan ini adalah karbon aktif (KA), magnet (M) dan komposit magnet (KM). KA adalah suatu jenis adsorben yang mempunyai pori-pori terbuka dalam jumlah besar, pori-pori ini berfungsi sebagai penyerap. Sedangkan M adalah magnet ferit yang digunakan untuk mengadsorpsi senyawa lain karena sifat feromagnetiknya digunakan untuk memisahkan padatan magnetik dari larutannya^[2]. Untuk KM adalah bahan magnet yang diikatkan dalam matrik non-magnetik dalam hal ini digunakan karbon aktif, diharapkan pemisahan menggunakan bahan ini lebih efektif mengingat komposit ini dibuat untuk meningkatkan unjuk kerja bahan awal atau bahan penyusun.

Mekanisme adsorpsi yang terjadi dapat digambarkan sebagai berikut permukaan adsorben dapat menarik molekul-molekul gas atau cair yang bersinggungan dengannya secara fisika dan kimia. Pada proses fisika gaya yang mengikat adsorbat oleh adsorben adalah gaya *van der Waals*, molekul terikat sangat lemah. Sedangkan pada proses adsorpsi secara kimia, interaksi adsorbat dengan adsorben melalui pembentukan ikatan kimia yang diawali dengan adsorpsi fisika, yaitu partikel-partikel adsorbat mendekat ke permukaan adsorben melalui gaya *van der Waals* atau ikatan

hidrogen, kemudian diikuti oleh adsorpsi kimia dengan membentuk ikatan kimia (biasanya ikatan kovalen) ^[4]. Hal-hal yang mempengaruhi proses adsorpsi antara lain adsorben, luas permukaan adsorben, derajat keasaman (pH), waktu kontak dan konsentrasi.

II. TEORI

Model yang umum digunakan untuk menjelaskan adsorpsi isothermis, yaitu isotherm Langmuir dan isotherm Freundlich. Isotherm adsorpsi Langmuir untuk sistem komponen tunggal dinyatakan:

$$q_e = \frac{q K C_e}{K C_e + 1} \quad (1)$$

dengan:

- q_e : jumlah adsorbat terserap / berat adsorben pada kesetimbangan (mek/g)
 q_0 : kapasitas penyerap maksimum pada permukaan / berat padatan (mek/g)
 K : konstanta kesetimbangan (L/mek)
 C_e : konsentrasi pada kesetimbangan (mek/L)

Isotherm Freundlich didasarkan pada asumsi bahwa adsorben mempunyai permukaan heterogen dan tiap molekul mempunyai potensi penjerapan yang berbeda – beda serta asumsi bahwa adsorpsi terjadi secara multilayer pada permukaan adsorben. Persamaan isotherm Freundlich sering digunakan dalam penetapan praktis karena umumnya memberikan korelasi yang memuaskan. Persamaannya adalah :

$$x/m = kC^{1/n} \quad (2)$$

dengan:

- x : banyaknya zat terlarut yang teradsorpsi (mg).
 m : massa dari adsorben (mg).
 C : konsentrasi dari adsorbat yang tersisa dalam kesetimbangan.

k, n : konstanta adsorben.

Adsorpsi ion logam oleh material padat secara kuantitatif mengikuti persamaan Langmuir. Persamaan Langmuir merupakan tinjauan teoritis proses adsorpsi :

$$C/(x/m) = 1/Kb + C/b \quad (3)$$

Persamaan tersebut dapat digunakan pada adsorpsi oleh padatan. Konstanta pada persamaan adsorpsi Langmuir menunjukkan besarnya adsorpsi maksimum (b) oleh adsorben, dan K menunjukkan konstanta yang dihubungkan dengan energi ikat.

III. TATA KERJA

3.1. Preparasi Sampel Larutan Uranium

1. Kristal uranium sebanyak 2,11 gram dilarutkan dengan aquademin sebanyak 1000 ml, sehingga didapatkan konsentrasi larutan dengan kadar 1000 ppm.
2. Larutan uranium 1000 ppm diambil sebanyak 50 ml lalu diencerkan dengan aquademin dan ditandabatkan hingga 1000 ml dalam labu takar, sehingga didapatkan konsentrasi larutan dengan kadar 50 ppm.
3. Langkah 2 dan 3 diulangi untuk konsentrasi 75 ppm, 100 ppm, 125 ppm, dan 150 ppm.

3.2. Preparasi Adsorben

1. Ditimbang komposit magnet sebanyak 0,04 gram.
2. Ditimbang magnet sebanyak 0,04 gram.
3. Ditimbang karbon aktif sebanyak 0,04 gram.

3.3. Proses Pencampuran Larutan Uranium dengan Adsorben

1. Larutan sampel uranium 50 ppm yang telah dibuat pada percobaan 3.4.1 diambil

sebanyak 100 ml, lalu ditambahkan 0.04 gram komposit magnet. Langkah ini diulangi sebanyak dua kali dan dimixing selama 1 jam.

2. Larutan sampel uranium 50 ppm yang telah dibuat pada percobaan 3.4.1 diambil sebanyak 100 ml, lalu ditambahkan 0.04 gram magnet. Langkah ini diulangi sebanyak dua kali dan dimixing selama 1 jam.
3. Larutan sampel uranium 50 ppm yang telah dibuat pada percobaan 3.4.1 diambil sebanyak 100 ml, lalu ditambahkan 0.04 gram karbon aktif. Langkah ini diulangi sebanyak dua kali dan dimixing selama 1 jam.
4. Langkah no 1 sampai dengan no 3 diulangi untuk konsentrasi 75 ppm, 100 ppm, 125 ppm dan 150 ppm.

3.4. Proses Pemisahan Larutan Uranium dengan Adsorben

1. Wadah sampel berisi larutan uranium dan adsorben yang telah dimixing pada percobaan 3.4.3 diposisikan pada sudut ± 45 derajat.
2. Magnet permanen ditempelkan pada dinding luar bagian bawah dari wadah sampel.
3. Waktu kontak selama ± 10 menit.
4. Diambil larutan beningan hasil proses pemisahan untuk dianalisis.
5. Pada adsorben karbon aktif, pengambilan larutan hasil proses dipisah menggunakan kertas saring.

3.5. Proses Analisis

1. Masing – masing larutan beningan yang didapat dari percobaan 2.4.4 diambil sebanyak 0,5 ml dan ditambahkan 2 ml larutan Arsenazo, lalu diencerkan dengan aquademin sampai 25 ml dalam labu takar.
2. Larutan yang diperoleh pada langkah no. 1 dikondisikan pada pH 2,5.

3. Masing - masing sampel larutan pada langkah no. 1 untuk setiap variasi konsentrasi dan adsorben dilakukan pengulangan sebanyak dua kali.
4. Tiap kelompok sampel dilakukan lima kali pengukuran dengan menggunakan Spektrometri UV-VIS.

3.5.1. Persiapan Reaksi

1. Dibuat larutan arsenazo III 0.05% dengan menimbang sebanyak 50 mg arsenazo III.
2. Kemudian dilarutkan dengan aquademin hingga volume 100 ml.
3. Dibuat larutan asam nitrat 0,1N dan larutan natrium hidroksida 0,1N.

3.5.2. Pembuatan Larutan Uranium Standar

1. Dibuat larutan uranium standar 100 ppm.
2. Larutan uranium standar 100 ppm diencerkan hingga didapatkan deret konsentrasi uranium standar (0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0 dan 4,0) ppm.
3. Larutan deret uranium standar untuk (0;0,5;1,0;1,5;2,0;2,5;3,0 dan 4,0) ppm dipipet sebanyak (0;0,125;0,250;0,375;0,5;0,625;0,750;1) ml kedalam gelas beker dan ditambahkan arsenazo III 0.05% sebanyak 2 ml.
4. Kemudian pH nya diatur menjadi 2,5 dengan ditambahkan HNO_3 0,1 N atau NaOH 0,1 N dan ditandabatkan dengan labu takar 25 ml dengan aquademin.
5. Larutan pada langkah no 4 dibiarkan selama 30 menit agar terbentuk kompleks uranium dan arsenazo optimum.

3.5.3. Penentuan (λ) Optimum Uranium Standar

1. Diukur larutan uranium standar 2 ppm dan 4 ppm pada panjang gelombang 200 – 800 nm.
2. Dari kedua konsentrasi larutan uranium standar tersebut di pilih λ yang paling

mendekati nilai 651.0 (λ uranium teoritis).

3.5.4. Pembuatan Kurva Kalibrasi Deret Uranium Standar

Deret larutan uranium standar dengan konsentrasi (0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0 dan 4,0) ppm diukur absorbansinya dengan spektrometri UV-VIS sebanyak lima kali pengukuran pada panjang gelombang optimum (percobaan 3.4.5.3) dan diambil rata-rata. Hasil pengukuran dibuat kurva hubungan antara konsentrasi (ppm) sebagai sumbu x dengan absorbansinya sebagai sumbu y sehingga diperoleh persamaan regresi linier $y = ax + b$.

3.5.5. Penentuan Sampel Uranium

1. Diambil 0,5 ml sampel uranium dan dimasukkan ke dalam gelas beker 25 ml lalu ditambahkan 2 ml arsenazo III 0,05% dan diencerkan hingga volume 20 ml.
2. pH larutan diatur 2,5 dengan ditambahkan HNO_3 0,1 N atau NaOH 0,1 N dan ditandabatkan dengan labu takar 25 ml dengan aquademin.
3. Setelah 30 menit cuplikan larutan dimasukkan ke dalam cuvet hingga tanda batas, kemudian dimasukkan ke dalam alat Spektrometri UV-Vis. Panjang gelombang yang dipakai adalah panjang gelombang optimum dari standart. Metode yang dipakai sama dengan penentuan kurva kalibrasi.
4. Diukur absorbansinya dengan menekan tombol Run sebanyak 5 kali pengulangan untuk diambil nilai reratanya.
5. Konsentrasi sampel dapat dihitung dari persamaan yang didapat pada kurva kalibrasi. Jumlah penyerapan, q_e (mg uranium yg terserap / gram adsorben) di hitung berdasarkan persamaan:

$$q_e = \frac{(C_0 - C_e) \times V}{m} \quad (4)$$

Koefisien distribusi K_d , yaitu nilai spesifik kapasitas serap adsorben dihitung berdasarkan persamaan:

$$K_d = \frac{C_0 - C_e}{C_e} \times \frac{V}{m} \quad (5)$$

Dimana C_0 (mg/L) sebagai konsentrasi mula-mula uranium sebelum di adsorpsi, C_e (mg/gram) adalah konsentrasi uranium setelah proses adsorpsi, V (L) merupakan jumlah volume larutan sampel dan m (g) adalah dosis magnet komposit.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini dilakukan pemungutan uranium dari effluen proses dengan metode adsorpsi. Data yang diambil adalah konsentrasi akhir uranium dalam larutan pada rentang waktu tertentu dan dengan variasi adsorben dan konsentrasi uranium. Adsorben yang digunakan adalah komposit magnet, magnet dan karbon aktif. Tahap awal yang dilakukan dalam rangkaian penelitian ini adalah pembuatan larutan induk 1000 ppm Uranil Nitrat Heksahidrat ($\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$).

Berdasarkan pengukuran dengan menggunakan spektrometri UV-Vis, maka dapat dibuat tabel besarnya konsentrasi uranium mula – mula dan setelah teradsorpsi disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 menunjukkan hasil pengukuran kadar uranium dalam larutan sisa adsorpsi dengan berbagai jenis adsorben. Berdasarkan tabel di atas diketahui bahwa ketiga jenis adsorben dapat menyerap uranium dari larutannya dan jenis adsorben yang paling efektif dalam menyerap uranium adalah komposit magnet. Hal ini dikarenakan komposit magnet mempunyai luas permukaan bidang kontak yang lebih besar dibandingkan magnet dan karbon aktif. Dengan banyaknya tempat yang tersedia

untuk permukaan adsorpsi, maka jumlah adsorben yang terserap juga semakin banyak.

Tabel 1. Konsentrasi uranium awal dan konsentrasi uranium setelah teradsorpsi

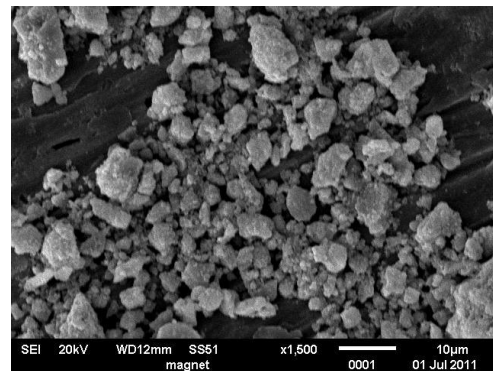
[U] Awal (ppm)	[U] Akhir (ppm)		
	Komposit Magnet	Magnet	Karbon Aktif
50	15,205	32,795	39,663
	15,084	32,554	38,699
75	38,578	55,807	61,711
	38,096	55,687	61,831
100	61,952	80,506	85,928
	62,072	80,998	85,687
125	88,217	105,566	110,627
	88,337	105,325	110,386
150	110,145	127,253	132,193
	110,169	127,253	132,313

Selain itu keefektifan komposit magnet dalam menyerap uranium dari effluen proses juga dikarenakan komposit magnet mempunyai gabungan dua sifat dari material penyusunnya, yaitu karbon aktif dan magnet (Fe_3O_4). Oleh karena itu komposit magnet memiliki kemampuan menyerap yang baik dari karbon aktif dan kemampuan merespons medan magnet dari oksida besi sehingga akan memudahkan proses pemisahan karbon aktif di dalam uranium dari effluen proses.

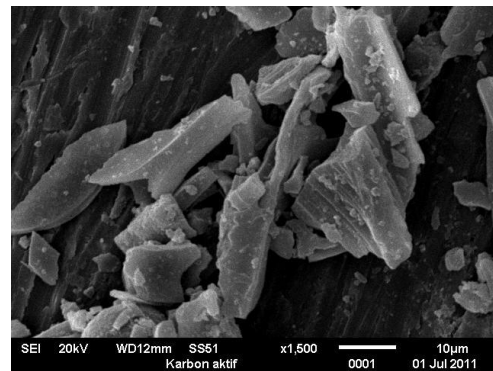
Tabel di atas juga menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi larutan uranium yang digunakan, maka semakin sulit adsorben tersebut untuk mengikat uranium. Hal ini berlaku untuk semua jenis adsorben. Karena semakin tinggi konsentrasi yang digunakan semakin rendah prosentase uranium yang dapat terserap adsorben sudah mencapai kejenuhan. Hal ini dapat dilihat pada gambar. Konsentrasi optimum yang

masih dapat diserap adalah 100 ppm untuk 0.04 gram / 1 liter larutan.

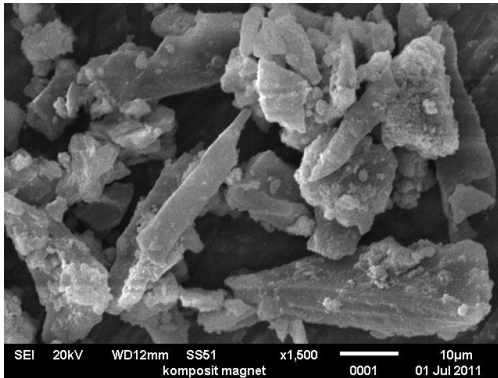
Pemeriksaan morfologi adsorben menggunakan *scanning electron microscopy* (SEM) ditunjukkan pada Gambar 1,2 dan, Gambar 3. Dari gambar tersebut dapat diketahui bentuk adsorben magnet (Fe_3O_4) terdiri dari partikel-partikel kecil oksida besi. Dan adsorben karbon aktif memiliki pori-pori yang lebih besar dibandingkan dengan pori pori komposit magnet. Sedangkan adsorben komposit magnet memiliki permukaan yang tampak lebih padat dibandingkan dengan permukaan karbon aktif. Hal ini dikarenakan pori-pori permukaan karbon aktif yang terdapat dalam komposit magnet dikelilingi dan ditutupi oleh partikel-partikel kecil oksida besi sehingga meningkatkan prosentase uranium terserap oleh adsorben.



Gambar 1. Magnet.



Gambar 2. Karbon Aktif.



Gambar 3. Komposit Magnet.

Berdasarkan morfologi tersebut dapat diketahui bahwa komposit magnet mempunyai bentuk permukaan heterogen yang secara kualitatif menunjukkan bahwa luas permukaan komposit magnet lebih luas dibandingkan dengan adsorben lainnya.

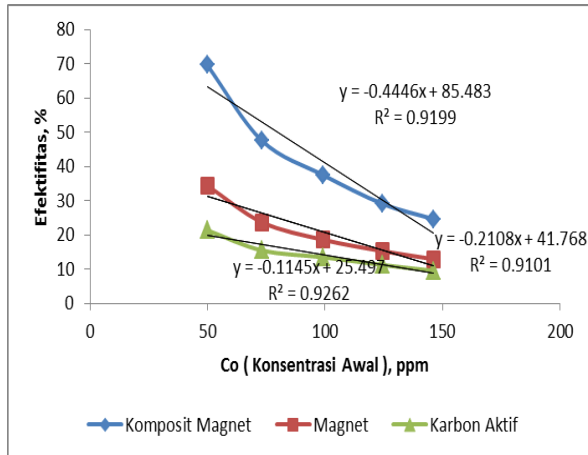
Tabel 2. Penentuan Nilai Efektivitas Adsorpsi.

No	Awal [U] (ppm)	[U] Akhir			rerata setelah adsorpsi oleh			qe (mg/gramram) setelah adsorpsi oleh			% setelah adsorpsi oleh		
		KM	Fe ₃ O ₄	CA	KM	Fe ₃ O ₄	CA	KM	Fe ₃ O ₄	CA	KM	Fe ₃ O ₄	CA
1	50	15,205	32,795	39,663	15,145	32,675	39,181	86,716	42,891	26,625	69,608	34,429	21,373
		15,084	32,554	38,699									
2	75	38,578	55,807	61,711	38,337	55,747	61,771	86,868	43,434	28,283	47,544	23,722	15,480
		38,096	55,687	61,831									
3	100	61,952	80,506	85,928	62,012	80,752	85,808	92,923	46,073	33,434	37,476	18,586	13,484
		62,072	80,998	85,687									
4	125	88,217	105,566	110,627	88,277	105,446	110,507	90,513	47,591	34,939	29,084	15,292	11,227
		88,337	105,325	110,386									
5	150	110,145	127,253	132,193	110,157	127,253	132,253	90,030	47,290	34,790	24,637	12,941	9,520
		110,169	127,253	132,313									

Berdasarkan Tabel 2 kapasitas serap optimum dicapai pada saat terjadi kesetimbangan dimana jumlah adsorbat yang diserap berada pada nilai maksimum tersebut. Hal ini ditunjukkan pada konsentrasi larutan uranium 100 ppm dimana jumlah uranium yang terserap oleh komposit magnet, q_e sebesar 92.923 mg/gram adsorben; konsentrasi 125 ppm pada magnet (Fe₃O₄), q_e sebesar 47.591 mg/gram adsorben; dan karbon aktif, q_e sebesar 34.939 mg/gram adsorben.

Data yang diperoleh ini sejalan dengan teori adsorpsi Langmuir yang

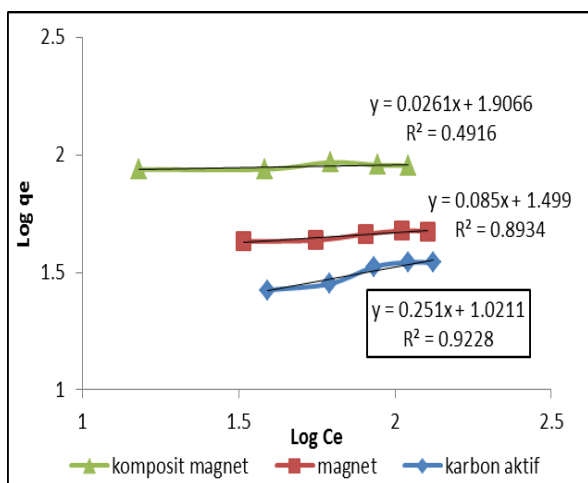
menyatakan bahwa permukaan adsorben mempunyai sejumlah tertentu situs aktif (*active site*) adsorpsi. Banyaknya situs aktif tersebut sebanding dengan luas permukaan adsorben dan masing-masing situs aktif hanya dapat mengadsorpsi suatu molekul adsorbat. Pada keadaan dimana tempat adsorpsi belum jenuh dengan adsorbat maka kenaikan konsentrasi adsorbat akan dapat menaikkan jumlah zat yang teradsorpsi.



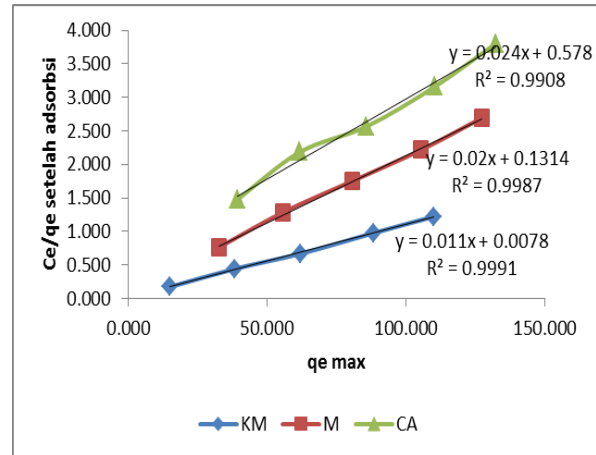
Gambar 4. Grafik Hubungan Antara Konsentrasi Awal dengan Efektivitas Adsorpsi.

Berdasarkan Gambar 4 dapat dilihat hubungan antara efektifitas adsorpsi dengan konsentrasi awal penjerapan, nilai efektifitas tertinggi berada pada konsentrasi 50 ppm. Nilai efektifitas adsorpsi mengalami penurunan dengan bertambahnya nilai konsentrasi awal *solute* effluen.

Untuk mengetahui mekanisme penjerapan yang terjadi, diumpamakan menggunakan model isotherm adsorpsi Langmuir dan Freundlich. Data yang diperoleh seperti yang disajikan pada Gambar 5 dan Gambar 6.



Gambar 5. Persamaan Freundlich



Gambar 6. Persamaan Langmuir

Berdasarkan Gambar 5 dan Gambar 6 dapat diketahui bahwa nilai regresi linier pada persamaan Langmuir lebih mendekati 1 dibandingkan persamaan Freundlich. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa mekanisme penjerapan mengikuti model isotherm Langmuir.

Penerapan model isotherm adsorpsi memperlihatkan adanya hubungan linear antara jumlah zat yang teradsorpsi per gram adsorben dengan parameter persamaan Langmuir.

Data perhitungan parameter adsorpsi uranium pada ketiga jenis adsorben hasil penelitian menggunakan model isotherm adsorpsi Langmuir.

Tabel 3. Parameter adsorpsi uranium pada ketiga jenis adsorben menggunakan model *isotherm* adsorpsi Langmuir.

Jenis Adsorben	Parameter Adsorpsi	Nilai Hasil Perhitungan
Komposit Magnet	qm(mg/gram)	90,909
	K	1,410
	E (Kj / mol)	0,851
	R ²	0,9991
Magnet	qm(mg/gram)	50
	K	0,152
	E (Kj/mol)	4,664

	R^2	0,9987
Karbon Aktif	qm(mg/gram)	41,66
	K	0,0415
	E (KJ/mol)	7,882
	R^2	0,9908

Berdasarkan data pada tabel di atas, maka energi total adsorpsi per mol dapat di hitung dari harga konstanta kesetimbangan. Menurut persamaan, Energi adsorpsi = $R T \ln K$. Dari harga koefisien ini pula menginformasikan bahwa adsorpsi yang terjadi pada permukaan ketiga jenis adsorben adalah adsorpsi monolayer. Ditinjau dari nilai energi adsorpsi komposit magnet sebesar 0,851 kJ/mol; energi adsorpsi magnet sebesar 4,664 kJ/mol; dan energi adsorpsi karbon aktif sebesar 7,882 kJ/mol. Energi adsorpsi yang diperoleh pada ketiga jenis adsorben ini lebih rendah daripada energi yang berikatan dengan energi adsorpsi fisika yang besarnya mencapai ~ 10 kJ/mol, bahkan jauh lebih rendah apabila dibandingkan dengan energi adsorpsi kimia yang besarnya mencapai ~ 100 kJ/mol.

Dari penjelasan tersebut menunjukkan bahwa proses yang terjadi adalah proses fisika dimana fenomena adsorpsinya melibatkan interaksi antara permukaan adsorben dengan kompleks uranium (gaya van der waals).

IV. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Efluen proses larutan uranium dapat diadsorpsi oleh ketiga jenis adsorben.
2. Pada variasi konsentrasi mula-mula uranium dari (50; 75; 100; 125; 150) ppm di dapat hasil adsorpsi optimum pada konsentrasi 100 ppm dengan jumlah adsorpsi sebesar 92,923 mg/gram untuk komposit magnet; pada konsentrasi 125 ppm dengan jumlah adsorpsi sebesar

47,591 mg/gram untuk magnet dan pada konsentrasi 125 ppm dengan jumlah adsorpsi sebesar 34,939 mg/gram untuk karbon aktif.

3. Pada variasi jenis adsorben (komposit magnet, magnet dan karbon aktif) yang paling efektif dalam menyerap uranium adalah komposit magnet, selanjutnya magnet dan karbon aktif.

V. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada yang terhormat: Menristek yang telah mendanai penelitian ini dalam program Peningkatan Kapasitas Peneliti dan Perekayasa (PKPP) tahun 2011, Prof. Dr. Ir. Sigit yang telah membantu dalam penelitian maupun penyelesaian makalah ini, serta segenap staf B3N – PTBN yang ikut terlibat dalam pelaksanaan penelitian ini.

VI. DAFTAR PUSTAKA

1. Sigit, dkk., Pengaruh Tegangan, Waktu dan Keasaman Pada Proses Elektrodialisis Larutan Uranyl Nitrat, J Teknologi Bahan Nuklir vol 6 no 1 (2010) 28-40.
2. M.Irwan Saesario, dkk., Pengolahan Air Tambang Menggunakan Magnetit dan Besi Ferit, Departemen Kimia, Fakultas MIPA – IPB, 2010
3. A.I. Vogel and G.H. Jeffry. 1989. Vogel's Texbook of Quantitative Chemical Analysis. London. Logman Science and Technology.
4. Bab II Tinjauan Pustaka. Diakses dari <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/17350/4/Chapter%20II.pdf>. Tanggal 2 Maret 2011.
5. Carbon, <http://id.wikipedia.org/wiki/Karbon>, diakses tanggal 5 Maret 2011

6. Megayanti, Aprilia. 2009. *Unjuk Kerja Zeolit NaA Sintesis Sebagai Adsorben dan Penukar Kation*, Tugas Akhir STTN BATAN YOGYAKARTA.
7. Ramadhian Hilman, Rizky. 2009. *Unjuk Kerja Komposit Polimer Superadsorben dan Oksida Logam Terhadap Adsorpsi Air*, Tugas Akhir STTN BATAN YOGYAKARTA.
8. Rosita widya dkk. 2005. Pengaruh suhu, konsentrasi HNO₃ dan NH₄OH pada aktivasi arang tempurung kelapa sebagai adsorben radionuklida ¹³¹I- dan ³²PO₄²⁻.
9. Sifat, kandungan dan pemanfaatan URANIUM "bahan bakar nuklir". Diakses dari <http://kostallnetwork.blogspot.com/2011/02/sifat-kandungan-dan-pemanfaatan-uranium.html> tanggal 2 Maret 2011
10. WaluyoT dkk. 2000. Sifat mekanik komposit magnet berbasis heksaferit SrFe₁₂O₁₉ dan BaFe₁₂O₁₉ dengan perekat karet alam. Jurnal sains materi Indonesia. tahun 2001.
11. Wikipedia, 2009, *Magnet*, diakses dari <http://id.wikipedia.org/wiki/Magnet> tanggal 4 Maret 2011
12. Wikipedia, 2009, *Magnet*, diakses dari <http://id.wikipedia.org/wiki/Magnet> tanggal 2 Maret 2011
13. Wiyuniati, Slamet. 2009. *Penggunaan Zeolit Dalam Pengolahan Limbah PCB Ditinjau Dari Kesetimbangan Adsorpsi*. Tugas Akhir STTN BATAN YOGYAKARTA.