

## PROSES RE-EKSTRAKSI URANIUM HASIL EKSTRAKSI *YELLOW CAKE* MENGGUNAKAN AIR HANGAT DAN ASAM NITRAT

Torowati, Pranjono, Rahmiati dan MM. Lilis Windaryati  
Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir – BATAN  
Kawasan Puspiptek, Serpong, Tangerang

### ABSTRAK

**PROSES RE-EKSTRAKSI URANIUM HASIL EKSTRAKSI *YELLOW CAKE* MENGGUNAKAN AIR HANGAT DAN ASAM NITRAT.** Proses re-ekstraksi uranium hasil dari proses ekstraksi *yellow cake* telah dilakukan di Laboratorium Kendali Kualitas, Bidang Bahan Bakar Nuklir, Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir. Tujuan kegiatan ini adalah untuk menentukan media fase air yang cocok untuk digunakan dalam proses re-ekstraksi (pengambilan kembali uranium dari fase organik) secara optimal dan hasilnya akan ditandai dengan diperoleh efisiensi re-ekstraksi yang maksimal. Proses re-ekstraksi dilakukan secara *batch*. Umpan yang digunakan adalah larutan uranium fase organik hasil ekstraksi *yellow cake*. Media fase air yang digunakan untuk proses re-ekstraksi adalah air hangat 60°C dan asam nitrat encer. Konsentrasi asam nitrat divariasikan yaitu : 0,01 N dan 0,05 N. Perbandingan fase air : fase organik = 2 : 1. Kecepatan pengadukan 800 rpm selama 30 menit. Dari kegiatan ini diperoleh hasil bahwa media fase air yang optimum/terbaik untuk proses re-ekstraksi uranium hasil ekstraksi *yellow cake* adalah air hangat 60°C dan re-ekstraksi dilakukan sampai 3 *stage* dengan efisiensi secara kumulatif sebesar 99,24% dengan standar deviasi  $\pm 0,45\%$ .

**Kata kunci :** efisiensi, *yellow cake*, re-ekstraksi

### PENDAHULUAN

Bahan utama dalam pembuatan pelet  $UO_2$  yang dilakukan di Bidang Bahan Bakar Nuklir adalah serbuk  $UO_2$ . Proses pembuatan serbuk  $UO_2$  dapat dilakukan dengan cara konversi *yellow cake*. *Yellow cake* merupakan hasil dari pengolahan bijih uranium dan sering disebut dengan konsentrat uranium.<sup>[1]</sup>

Tahapan dalam proses konversi *yellow cake* menjadi  $UO_2$  mula-mula dilakukan proses pelarutan *yellow cake* menggunakan asam nitrat kemudian dilanjutkan proses pemurnian secara ekstraksi dan re-ekstraksi. Larutan fase air yang dihasilkan dari proses re-ekstraksi dilakukan proses pengendapan. Endapan yang diperoleh dikalsinasi dilanjutkan dengan reduksi untuk mendapatkan serbuk  $UO_2$ .

Proses re-ekstraksi merupakan kegiatan lanjutan dari proses ekstraksi hasil pelarutan *yellow cake*. Tujuan dari proses ekstraksi tersebut adalah untuk memurnikan uranium hasil pelarutan *yellow cake*, dengan harapan diperoleh larutan uranium murni (*nuclear grade*). Proses ekstraksi dilakukan menggunakan pelarut organik tri butil fosfat – kerosin (TBP-Kerosin). Hasil dari proses ekstraksi adalah uranium murni

yang berada dalam fase organik. Untuk proses pengendapan larutan uranium yang akan diendapkan harus berada dalam fase air. Oleh karena hasil ekstraksi uranium yang masih berada dalam fase organik perlu dilakukan proses re-ekstraksi untuk mengembalikan larutan uranium dari fase organik kembali ke fase air.<sup>[1,2,3]</sup>

Salah satu dari parameter dalam proses re-ekstraksi yang berpengaruh terhadap efisiensi re-ekstraksi adalah media fase air yang digunakan untuk proses re-ekstraksi.<sup>[1,3]</sup>

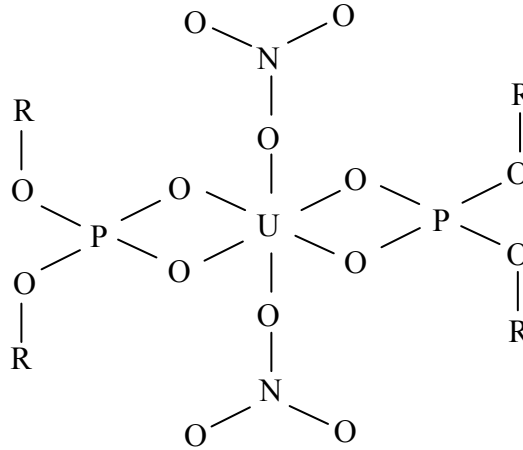
Telah dilakukan penelitian tentang proses re-ekstraksi uranium dalam fase organik TBP menggunakan air hangat. Dari hasil penelitian tersebut diperoleh hasil suhu air hangat yang terbaik untuk re-ekstraksi adalah 60°C dan re-ekstraksi dilakukan hanya satu *stage* dihasilkan efisiensi sebesar 62,98%.<sup>[2]</sup>

Dalam kegiatan ini perhatian difokuskan untuk menentukan media/larutan fase air yang digunakan dalam proses re-ekstraksi. Proses re-ekstraksi dilakukan secara *batch*. Larutan fase air yang digunakan adalah air hangat 60°C dan asam nitrat konsentrasi rendah. Dipilih media air dan asam nitrat agar larutan hasil re-ekstraksi tetap berada dalam suasana nitrat. Proses re-ekstraksi dilakukan sampai 3 *stage* dengan harapan diperoleh efisiensi re-ekstraksi kumulatif lebih besar dibandingkan dengan satu *stage*.

Tujuan dari kegiatan ini adalah untuk mendapatkan media/larutan fase air terbaik yang digunakan dalam proses re-ekstraksi uranium dengan harapan menggunakan media fase air yang terbaik tersebut dan proses re-ekstraksi sampai 3 *stage* akan diperoleh efisiensi re-ekstraksi kumulatif maksimum.

## TEORI

Proses re-ekstraksi merupakan kebalikan dari proses ekstraksi. Proses re-ekstraksi bertujuan untuk mengembalikan uranium yang berada dalam larutan fase organik (hasil proses ekstraksi) kembali dalam larutan fase air. Uranium dalam fase organik merupakan bentuk senyawa kompleks uranil nitrat dengan TBP dengan rumus molekul  $\{UO_2(NO_3)_2 \cdot 2TBP_{(o)}\}$ .



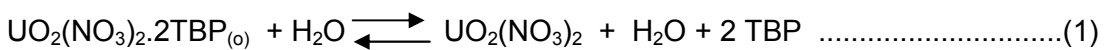
**Gambar-1.** Ikatan kimia  $UO_2(NO_3)_2$ -TBP

Prinsip dari proses re-ekstraksi adalah dengan cara mengontakkan larutan fasa organik yang kaya uranium dengan larutan fase air tanpa mengandung uranium.

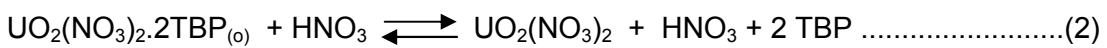
Proses re-ekstraksi bertujuan untuk memungut kembali uranium yang berada dalam fase organik kembali dalam fase air dengan kemurnian yang tinggi (*nuclear grade*) sehingga dapat digunakan untuk proses berikutnya dalam membuat elemen bakar nuklir.

Media/larutan fase air merupakan salah satu parameter yang digunakan dalam proses re-ekstraksi yang akan berpengaruh terhadap hasil efisiensi proses re-ekstraksi. Larutan fase air yang dapat digunakan dalam proses re-ekstraksi senyawa kompleks  $\{UO_2(NO_3)_2 \cdot 2TBP_{(o)}\}$  antara lain adalah air panas 60°C dan asam nitrat encer.

Reaksi yang terjadi pada proses re-ekstraksi dengan  $H_2O$  sebagai berikut :



Sedangkan reaksi yang terjadi pada proses re-ekstraksi menggunakan larutan  $HNO_3$  adalah sebagai berikut :



Efisiensi re-ekstraksi ditentukan menggunakan persamaan berikut<sup>[2,3]</sup> :

$$\text{Eff. re-ekstraksi} = \frac{U(1)}{U(2)} \times 100\% \dots\dots\dots(3)$$

dengan :

$U(1)$  = Jumlah uranium dalam fasa air hasil re-ekstraksi (g)

$U(2)$  = Jumlah uranium dalam fasa organik (umpan re-ekstraksi) (g)

## **METODOLOGI**

Proses re-ekstraksi dilakukan secara *batch*. Larutan fase air yang digunakan adalah air hangat bersuhu 60°C dan asam nitrat encer dengan konsentrasi 0,05 N dan 0,01 N. Waktu pengadukan dilakukan selama 30 menit.

Perbandingan volume fase air : fase organik adalah 2 : 1. Kecepatan pengadukan sebesar 800 rpm. Kandungan uranium dalam larutan fase air hasil re-ekstraksi di analisis menggunakan potensiometer

### **Bahan yang digunakan**

Larutan uranium dalam fasa organik hasil ekstraksi *yellow cake*, asam sulfat pekat, ferro sulfat, ammonium heptamolibdat, kalium bikromat, asam amido sulfonat, asam nitrat pekat, vanadil sulfat, aquadest.

### **Alat yang digunakan**

Beker gelas, labu ukur, pipet ukur, porong pemisah, corong, *magnetic stirrer*, *hot plate*, timbangan Sartorius, Potensiometer.

### **Tata Kerja**

#### **1. Proses re-ekstraksi**

Larutan fase organik hasil ekstraksi *yellow cake* (dengan kandungan uranium telah diketahui), di re-ekstraksi menggunakan asam nitrat 0,01 N dengan perbandingan volume fase air : fase organik = 2 : 1. Proses re-ekstraksi dilakukan dengan kecepatan pengadukan 800 rpm selama 30 menit. Setelah lama waktu proses re-ekstraksi tercapai, larutan fase air dipisahkan dari fase organik. Kandungan uranium yang berada di dalam larutan fase air hasil proses re-ekstraksi dianalisis menggunakan potensiometer.<sup>[4]</sup> Langkah proses re-ekstraksi ini dilakukan 3 tingkat (*stage*).

Kegiatan diatas diulangi dengan menggunakan larutan asam nitrat dengan konsentrasi rendah yaitu ; 0,05N dan air hangat 60°C. Efisiensi re-ekstraksi untuk masing-masing penggunaan media fase air ditentukan dengan menggunakan persamaan (3).



**Gambar-2.** Proses re-ekstraksi pemisahan fase



**Gambar-3.** Proses air dan organik

## 2. Analisis uranium menggunakan Potensiometer<sup>[4]</sup>

### a. Pembuatan pereaksi untuk analisis uranium

Pembuatan larutan asam sulfamat 15 M dilakukan dengan cara, ditimbang 15 gram asam sulfamat, kemudian dilarutkan dengan aquadest ke dalam labu ukur 100 mL, volume ditepatkan menggunakan aquadest dan dihomogenkan.

Pembuatan larutan ferrosulfat 28 M dengan cara, ditimbang 28 gram ferrosulfat, ditambahkan 10 mL Asam Sulfat pekat 98% dan volume ditepatkan ke dalam labu ukur 100 mL menggunakan aquadest dan dihomogenkan.

Pembuatan larutan amonium molibdat 0,4 % dengan cara, ditimbang 0,4 gram amonium molibdat, ditambahkan 50 mL asam nitrat pekat 65%, volume ditepatkan menggunakan aquadest ke dalam labu ukur 100 mL dan dihomogenkan.

Pembuatan larutan vanadil sulfat 1,25 M dengan cara, ditimbang 1,25 gram vanadil sulfat, ditambahkan 5 mL asam sulfat pekat 98%, volume ditepatkan dengan aquadest ke dalam labu ukur 100 mL dan dihomogenkan.

### b. Analisis U Secara Potensiometri<sup>(4)</sup>

Larutan fase air hasil re-ekstraksi ditambah asam sulfamat dan asam phosphat pekat 85%. Selanjutnya campuran larutan diaduk hingga berwarna putih keruh, ditambah larutan ferro sulfat dan amonium heptamolibdat sambil diaduk sampai larutan yang tadinya berwarna coklat tua berubah menjadi jernih.

Kemudian ditambah dengan larutan vanadil sulfat dan dititrasi menggunakan kalium bikromat 0,025 N sampai tercapai titik ekuivalen. Analisis dilakukan berulang masing-masing 3 kali titrasi untuk setiap proses re-ekstraksi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses re-ekstraksi dilakukan dengan kecepatan pengadukan 800 rpm dilakukan selama 30 menit. Sebagai umpan digunakan adalah larutan fase organik uranil nitrat kompleks TBP. Hasil yang diperoleh dari proses re-ekstraksi adalah larutan uranium berada dalam fase air. Kandungan uranium didalam fase air hasil proses re-ekstraksi dianalisis menggunakan potensiometer. Dengan diperoleh hasil analisis uranium dalam fasa air maka efisiensi re-ekstraksi dapat ditentukan menggunakan persamaan (3). Hasil efisiensi re-ekstraksi seperti pada Tabel-1.

**Tabel-1.** Data hasil efisiensi re-ekstraksi menggunakan  $\text{HNO}_3$  0,01 N,  $\text{HNO}_3$  0,05 N dan air hangat ( $60^\circ\text{C}$ )

No.	Larutan Fase air untuk re-ekstraksi	Jumlah U umpan re-ekstraksi (g)	Stage re-ekstraksi	Jumlah U rerata (g)	Jumlah U Total (3 stage) (g)	Efisiensi kumulatif (%)	Efisiensi kumulatif (rerata $\pm$ SD) (%)
1.	$\text{HNO}_3$ 0,05 N	36,9344	I II III	24,4586 9,2912 1,3876	35,1374	95,13	(94,67 $\pm$ 0,65)
		37,1010	I II III	24,6025 9,0091 1,3421	34,9537	94,21	
2.	$\text{HNO}_3$ 0,01 N	36,9344	I II III	25,8027 8,3930 1,5006	35,7006	96,66	(96,34 $\pm$ 0,45)
		37,1010	I II III	25,8779 8,0630 1,6798	35,6207	96,01	
3.	Air hangat $60^\circ\text{C}$	37,3731	I II III	28,2344 7,4203 1,5500	37,2047	99,55	<b>(99,24<math>\pm</math>0,45)</b>
		36,9344	I II III	28,8955 7,2481 0,3920	36,5356	98,92	

Dari hasil efisiensi re-ekstraksi (Tabel-1) terlihat bahwa dalam proses re-ekstraksi menggunakan  $\text{HNO}_3$  dengan konsentrasi semakin rendah menjadikan efisiensi re-ekstraksi akan semakin tinggi, dengan demikian maka keasaman larutan yang digunakan untuk proses re-ekstraksi sangat berpengaruh terhadap jumlah Uranil nitrat yang terambil. Hal ini dikarenakan konsentrasi asam nitrat semakin besar maka keasaman larutan akan semakin besar pula, sehingga jumlah ion  $\text{NO}_3^-$  juga semakin besar. Adanya penambahan ion  $\text{NO}_3^-$  kedalam larutan dalam proses re-ekstraksi menyebabkan konsentrasi keasaman dalam kompleks  $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{TBP}$  meningkat, sehingga senyawa ini membentuk ikatan yang semakin kuat, sehingga uranil nitrat semakin sulit terambil yang berakibat efisiensi re-ekstraksi menjadi semakin kecil.<sup>[1]</sup>

Pada kegiatan ini proses re-ekstraksi dengan menggunakan air hangat  $60^\circ\text{C}$  diperoleh hasil efisiensi secara kumulatif lebih baik dibandingkan menggunakan asam nitrat encer (Tabel-1). Hal ini dikarenakan selain tanpa keasaman dipengaruhi juga oleh suhu larutan. Adanya pemanasan sampai  $60^\circ\text{C}$  menyebabkan pergerakan partikel  $\text{H}_2\text{O}$  lebih cepat sehingga lebih mudah memecah uranil nitrat dari kompleks  $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{TBP}$ . Efisiensi hasil kegiatan ini lebih besar dibandingkan dengan hasil penelitian terdahulu karena dalam penelitian terdahulu proses re-ekstraksi hanya dilakukan satu *stage* sedangkan dalam kegiatan ini proses re-ekstraksi dilakukan sampai 3 *stage*.

Dalam proses re-ekstraksi apabila dilakukan hanya satu *stage* proses re-ekstraksi maka uranium yang terambil ke dalam fase air belum maksimal sehingga belum efektif karena masih banyak uranium yang berada dalam fase organik. Oleh karena itu perlu dilakukan proses re-ekstraksi bertingkat. Dengan dilakukan sampai 3 *stage* maka uranium dapat terambil secara maksimal. Dengan demikian maka pada proses re-ekstraksi ini diperoleh bahwa media fase air yang optimum/terbaik adalah air hangat  $60^\circ\text{C}$  dan proses re-ekstraksi sebanyak 3 *stage* dengan efisiensi secara kumulatif sebesar  $(99,24 \pm 0,45)\%$ .

## KESIMPULAN

Hasil kegiatan proses re-ekstraksi ini media fase air yang terbaik adalah air hangat  $60^\circ\text{C}$ . Proses re-ekstraksi dilakukan sampai 3 *stage*. Dengan menggunakan parameter tersebut diperoleh efisiensi kumulatif sebesar 99,24% dan standar deviasi  $\pm 0,45\%$ .

**UCAPAN TERIMAKASIH**

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Bapak Ir. Bambang Herutomo (Kepala B3N) yang telah banyak membimbing dan memberikan dorongan serta semangat dalam melakukan kegiatan dan penulisan makalah ini dan Sdr. Novi yang telah membantu dalam pelaksanaan kegiatan ini.

**DAFTAR PUSTAKA**

1. BENEDICT, MANSON., PIGFORD, THOMAS., and H.W., LEVI, "*Nuclear Chemical Engineering*", Mc., Graw Hill Book, W., New York, 1981.
2. INDRO YUWONO, "Pengaruh Suhu, Komposisi TBP-Kerosin dan Keasaman Umpan Ekstraksi Pada Efisiensi Re-ekstraksi", Prosiding Pertemuan Ilmiah PPBMI, Yogyakarta, 1983.
3. NGATIJO, "Pengambilan U dalam limbah cair dengan cara ekstraksi menggunakan berbagai macam ekstraktan", tugas akhir STTN, BATAN, Yogyakarta, 2002.
4. PUTRO PK, "Penerapan Cara Analisis Potensiometri Davies Gray Termodifikasi untuk Penentuan Kandungan Uranium" Prosiding Pertemuan Ilmiah PPNY, BATAN, Yogyakarta, 1998.