

PENGENDAPAN URANIUM DI DALAM LARUTAN LIMBAH RADIOAKTIF CAIR MENGUNAKAN AMONIUM HIDROKSIDA

Torowati
Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir-BATAN

ABSTRAK

PENGENDAPAN URANIUM DI DALAM LARUTAN LIMBAH RADIOAKTIF CAIR MENGGUNAKAN AMONIUM HIDROKSIDA. Telah dilakukan kegiatan proses pengendapan uranium di dalam limbah radioaktif cair. Limbah radioaktif cair merupakan larutan bekas analisis dan tidak dimanfaatkan lagi. Larutan ini berada di laboratorium kendali kualitas bidang bahan bakar nuklir, Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir. Dalam kegiatan ini sebagai umpan yang diendapkan adalah limbah radioaktif cair yang berada di laboratorium kendali kualitas, B3N dengan kondisi pH 1,31. Sebagai bahan pengendap digunakan larutan amonium hidroksida 25%. Pengendapan dilakukan dengan variasi pH pengendapan, mulai pH 3 hingga 8. Tujuan kegiatan ini adalah untuk mendapatkan parameter kondisi pH pengendapan yang terbaik guna memperoleh efisiensi pengendapan uranium yang maksimal dari limbah radioaktif cair. Kandungan uranium dalam limbah radioaktif cair yang diendapkan adalah sebesar 0,703 g/l. Dari kegiatan tersebut diperoleh kondisi pH pengendapan yang terbaik pada pH 4 dan diperoleh efisiensi pengendapan uranium sebesar 70,73 % dengan standar deviasi sebesar $\pm 0,28\%$, sedangkan volume amonium hidroksida 25% yang diperlukan untuk memenuhi proses pengendapan sampai mencapai pH 4 sebanyak 11,30 ml untuk mengendapkan setiap 100 ml limbah radioaktif cair.

Kata kunci : uranium, pengendapan, efisiensi

ABSTRACT

Precipitation of Uranium in Liquid Radioactive Waste Using Ammonium Hydroxide. Precipitation process of uranium in liquid radioactive waste has been performed. The liquid radioactive waste in this case is solutions from analyses that are not used anymore. The solutions originate from the quality control laboratory at the Nuclear Fuel Division, Center for Nuclear Fuel Technology. In this activity, the feed that is precipitated is liquid radioactive waste with a pH of 1.31. The precipitating agent is ammonium hydroxide 25%. The precipitation is performed at various precipitation pH, starting from 3 to 8. The objective of this work is to obtain the best precipitation pH parameter to achieve the maximum precipitation efficiency of uranium from the liquid radioactive waste. The content of the uranium in the liquid radioactive waste that is precipitated is 0.703 g/L. The result shown that the best precipitation pH is 4. By using the respected pH condition, a uranium precipitation efficiency of 70.73% is obtained with a standard deviation of $\pm 0.28\%$, whereas the volume of uranium hydroxide 25% required for the precipitation process until a pH of 4 is 11.30 ml to facilitate the precipitation of every 100 ml of liquid radioactive waste.

Keywords: Uranium, precipitation, efficiency

PENDAHULUAN

Dalam setiap kegiatan suatu laboratorium nuklir baik kegiatan rutin maupun penelitian menghasilkan larutan bekas analisis yang mengandung uranium dan larutan ini tidak digunakan lagi. Di laboratorium kendali kualitas, bidang bahan bakar nuklir (B3N), Pusat Teknologi Bahan Bakar Nuklir (PTBN), larutan seperti ini sering disebut dengan "limbah radioaktif cair".

Kegiatan yang dilakukan di laboratorium kendali kualitas B3N melibatkan uji kendali kualitas seperti analisis kandungan uranium, analisis unsur-unsur pengotor, metalografi dan lain-lain serta dalam kegiatan tersebut selalu dihasilkan suatu limbah radioaktif cair. Dengan semakin sering kegiatan analisis di laboratorium ini maka akan semakin

banyak limbah radioaktif cair yang dihasilkan.

Pengambilan kembali uranium di dalam larutan dapat dilakukan dengan beberapa metode diantaranya : pengendapan, ekstraksi, elektrolisa. Khusus untuk pengambilan kembali uranium dalam limbah radioaktif cair dengan proses pengendapan, ada beberapa bahan pengendap dan parameter yang berpengaruh terhadap hasil efisiensi dari proses pengendapan tersebut. Bahan pengendap uranium yang dapat digunakan antara lain : amonium hidroksida ($(\text{NH}_4)_2\text{OH}$), natrium hidroksida (NaOH), perhidrol (H_2O_2) amonium karbonat, sedangkan beberapa parameter yang berpengaruh di dalam proses pengendapan diantaranya : pH pengendapan, suhu pengendapan.^[1]

Parameter pH di dalam proses pengendapan merupakan faktor yang sangat besar pengaruhnya

terhadap efisiensi pengendapan. Semakin besar pH untuk proses pengendapan maka uranium yang terendapkan akan semakin banyak, tetapi reaksi pengendapan tidak optimal lagi setelah melewati pH yang terbaik/optimum. Hal itu yang menyebabkan efisiensi menurun sebab endapan yang telah terbentuk dengan adanya penambahan bahan pengendap yang berlebihan endapan akan larut kembali, karena reaksinya akan berbalik arah.^[2]

Suhu pengendapan berpengaruh terhadap kecepatan reaksinya dimana semakin tinggi suhu reaksi, maka kecepatan reaksi akan semakin cepat dan efisiensi pengendapan akan semakin besar. Akan tetapi suhu reaksi hanya terbatas hingga titik didih amonium hidroksida yang digunakan sebagai pereaksi.^[1,2]

Kegiatan ini dilakukan proses pengendapan uranium di dalam limbah radioaktif cair. Larutan yang digunakan untuk proses pengendapan adalah limbah radioaktif cair yang berasal dari hasil kegiatan di laboratorium kendali kualitas B3N. Pengendapan dilakukan dengan variasi pH pengendapan mulai dari pH 3 sampai 8 dengan interval 1, reagen pengendap digunakan Amonium hidroksida 25%.

Tujuan dari kegiatan ini adalah untuk menentukan pH pengendapan yang terbaik dalam proses pengendapan uranium di dalam limbah radioaktif cair menggunakan bahan pengendap ammonium hidroksida. Kondisi pH pengendapan yang terbaik ini ditandai dengan diperoleh efisiensi pengendapan yang maksimal. Hasil dari kegiatan diharapkan dapat digunakan dan diterapkan dalam proses pengambilan kembali uranium yang berada di dalam limbah radioaktif cair yang berada di laboratorium kendali kualitas, B3N.

Persamaan yang digunakan untuk menentukan besarnya efisiensi pengendapan ialah:^[3]

$$E_f = \frac{U(u) - U(f)}{U(u)} \times 100\% \dots \dots \dots (1)$$

dengan :

E_f = Efisiensi pengendapan

$U(f)$ = Kandungan uranium filtrat hasil penyaringan endapan (g/l)

$U(u)$ = Kandungan uranium dalam umpan/limbah radioaktif cair uranium (g/l)

Untuk menentukan *standard deviasi* (SD) digunakan rumus:^[1]

$$SD = \sqrt{\frac{\sum(x - x_{rerata})^2}{(n-1)}} \dots \dots \dots (2)$$

Dengan :

x = Kandungan uranium hasil tiap analisis (g/l)

x_{rerata} = Kandungan uranium rerata dari hasil analisis (g/l)

n = Jumlah perulangan analisis

METODOLOGI

1. Bahan

Limbah radioaktif cair, Amonium hidroksida 25 %, asam sulfat pekat, ammonium heptamolibdat, kalium bikromat, asam amido sulfonat, asam nitrat pekat, vanadil sulfat, air destilasi.

2. Alat

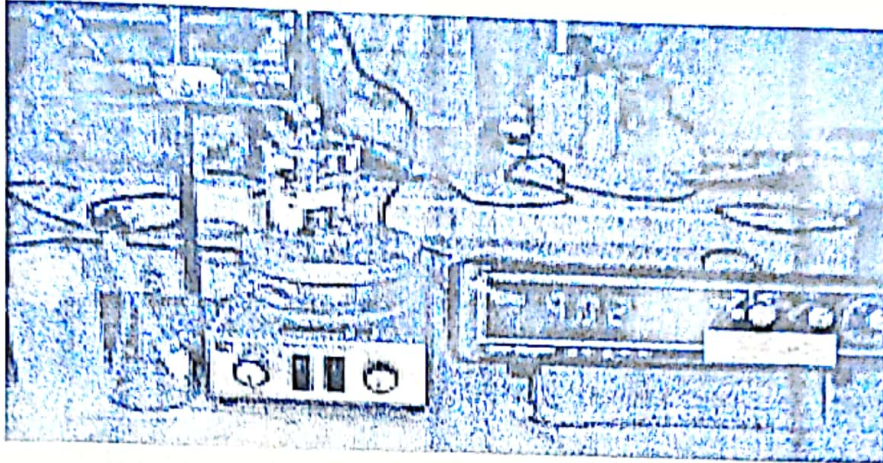
Beker gelas, Labu ukur, Pipet ukur, Corong, magnet stirer, hot plate, pH meter, Timbangan merek Sartorius, Titroprosesor.

3. Tata Kerja.

a. Pengendapan uranium dalam larutan limbah radioaktif cair

Larutan limbah radioaktif cair dimasukkan ke dalam beker gelas, kemudian ditambahkan larutan amonium hidroksida 25% sampai pH pengendapan mencapai pada pH 3. Selanjutnya dilakukan penyaringan terhadap endapan yang terjadi dan kandungan uranium yang berada di dalam filtrat hasil penyaringan dianalisis secara titrasi potensiometri menggunakan potensiometer. Proses pengendapan diulangi lagi (duplo) dengan pH pengendapan yang sama.

Langkah kerja tersebut di atas diulangi tetapi dengan variasi parameter pH pengendapan yaitu pH 4, 5, 6, 7 dan 8.



Gambar 2. Peralatan yang digunakan untuk Pengendapan

b. Pembuatan larutan untuk analisis uranium dengan cara titrasi Potensiometri^[4]

Pembuatan larutan asam sulfamat 1,5 M : timbang 15 gram asam sulfat kemudian dilarutkan dengan air demineral menjadi 100 ml.

Pembuatan larutan Ferro sulfat 1 M : timbang 28 gram serbuk ferro sulfat tambah 10 ml asam sulfat pekat, kemudian volume ditepatkan menjadi 100 ml dengan air destilasi.

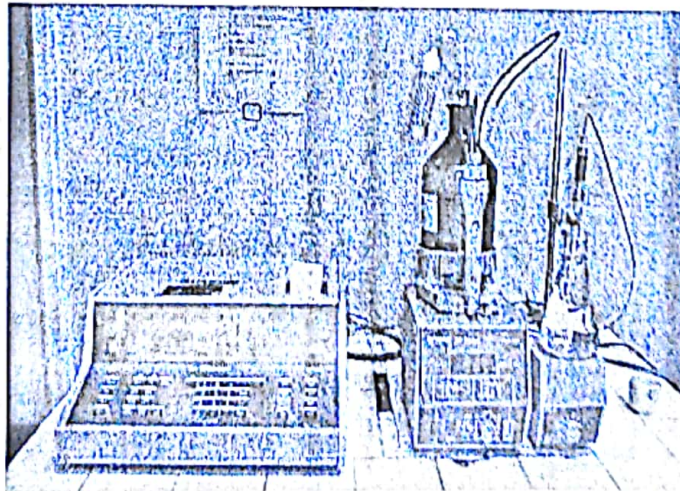
Pembuatan larutan Ammonium heptamolybdat 0,4 % : timbang 0,4 gram ammonium heptamolybdat tambah 50 ml asam nitrat pekat kemudian volume menjadi 100 ml dengan air destilasi.

Pembuatan larutan Vanadil sulfat 0,1 % : timbang 1,25 gram tambah 5 ml asam sulfat pekat dan tepatkan volumenya menjadi 100 ml dengan air

destilasi.

c. Analisis Uranium dalam filtrat^[4]

Filtrat hasil pengendapan dimasukkan dalam beker gelas, kemudian ditambah asam sulfamat dan asam phosphat H_2SO_4 pekat, kemudian diaduk hingga larutan menjadi berwarna putih susu. Selanjutnya ditambahkan larutan ferro sulfat $FeSO_4$ dan amonium heptamolibdat $(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$ sambil diaduk sampai larutan yang tadinya berwarna coklat tua berubah menjadi jernih. Setelah larutan jernih tambahkan dengan larutan vanadil sulfat dan dilakukan titrasi menggunakan kalium bikromat $K_2Cr_2O_7$ 0,025 N sampai terjadi titik ekuivalen.



Gambar 1. Alat Potensiometer Merk Metrohm 672

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan kondisi pH untuk pengendapan uranium yang optimal di dalam limbah radioaktif

cair yang dihasilkan di laboratorium kendali kualitas B3N telah dilakukan menggunakan bahan pengendap ammonium hidroksida 25%. Kegiatan dilakukan dengan cara memvariasi pH pengendapan

yaitu mulai pH 3 hingga 8 dengan interval 1. Pengendapan dilakukan 2 kali pengulangan (duplo). Tujuan dari kegiatan ini diharapkan diperoleh pH pengendapan uranium yang terbaik yang ditunjukkan dengan adanya hasil efisiensi pengendapan uranium yang maksimal. Dalam kegiatan ini kandungan uranium dalam umpan adalah 0,703 g/l. Data yang diperoleh adalah hasil analisis uranium di dalam fitrat hasil pengendapan

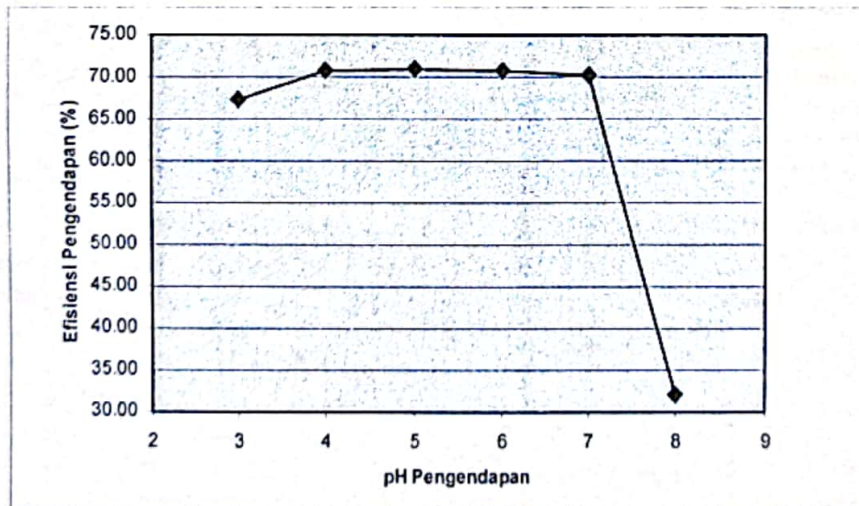
(terlampir). Dengan menggunakan persamaan (1) akan diperoleh efisiensi untuk masing-masing variasi pH. *Standar Deviasi* (SD) dari hasil analisis diperoleh dengan menggunakan persamaan (2). Data hasil efisiensi pengendapan uranium dalam limbah radioaktif cair dengan variasi parameter pH seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Data efisiensi pengendapan uranium terhadap pH pengendapan (uranium dalam umpan: 0,703 g/l)

No.	pH pengendapan	Efisiensi Pengendapan rerata (%)	Amonium dibutuhkan rerata (ml)
1.	3	67,29 ± 0,30	7,60
2.	4	70,73 ± 0,28	11,30
3.	5	70,98 ± 0,33	15,40
4.	6	70,70 ± 0,48	18,60
5.	7	70,13 ± 0,48	22,20
6.	8	32,14 ± 0,47	24,90

Dari Tabel 1. terlihat bahwa proses pengendapan mulai pH 3 hingga pH 4 terjadi kenaikan hasil efisiensi pengendapan 3,44%, tetapi pada kondisi mulai pH 4 hingga pH 7 efisiensi pengendapan yang diperoleh konstan (tidak ada kenaikan) tetapi setelah pH 7 terjadi penurunan hasil efisiensi pengendapan yang signifikan. Penurunan pengendapan pada kondisi pH >7 disebabkan oleh endapan yang telah terbentuk akan larut kembali.^[1] Dengan demikian dalam proses pengendapan

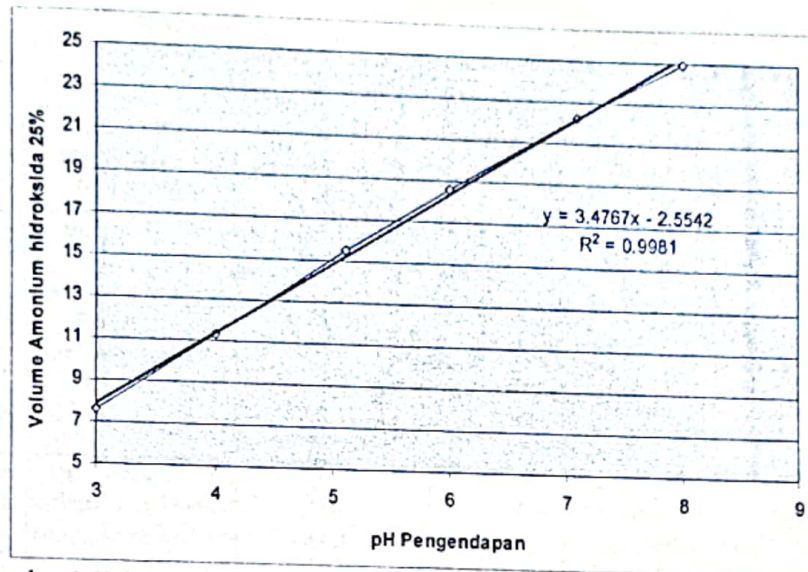
limbah radioaktif cair ini diperoleh kondisi pH pengendapan yang terbaik adalah pada pH 4 dengan efisiensi pengendapan yang maksimal sebesar 70,73 % dan SD ± 0,28%. Efisiensi pengendapan kemungkinan akan lebih baik faktor-faktor lain seperti suhu, dan konsentrasi uranium dalam umpan juga diperhitungkan. Hubungan antara efisiensi pengendapan terhadap pH dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Hubungan antara pH pengendapan terhadap efisiensi pengendapan

Dari proses pengendapan semakin tinggi pH pengendapan yang akan dicapai maka akan diikuti pula dengan semakin besar volume amonium hidroksida yang dibutuhkan. Hubungan antara pH pengendapan terhadap volume amonium hidroksida

mempunyai persamaan $y = 3,4767 X - 2,5542$ dengan konstante regresi linear (R^2) sebesar 0,9981. Hubungan volume amonium hidroksida 25% yang dibutuhkan dengan adanya kenaikan pH dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 4.



Gambar 4. Hubungan pH pengendapan terhadap volume Amonium hidroksida 25%

KESIMPULAN

Hasil kegiatan pengendapan uranium di dalam limbah radioaktif cair dengan menggunakan amonium hidroksida 25% dapat disimpulkan bahwa parameter pH pengendapan yang terbaik diperoleh pada kondisi pH 4 dengan efisiensi pengendapan sebesar $(70,73 \pm 0,28)$ %. Volume ammonium hidroksida 25% yang digunakan untuk mencapai kondisi pH 4 sebanyak 11,30 ml untuk setiap 100 ml limbah radioaktif cair.

PUSTAKA

1. GALKIN,N., SUDARIKOV, VERYATIN,U.,

SHISHKOV,Y., "Technology of Uranium Atomizdat", Moskow, 1964, hal 25.

2. BAMBANG GALUNG SUSANTO. 1986. Pengaruh Pada Kondisi Pengendapan ADU secara sinambung terhadap sifat fisis U_3O_8 dan UO_2 . Prosiding ISSN 0216-3128. UPT- PPIN, BATAN : Tangerang.
3. BENEDICT,M., P.G., Ford,T.,H.,and LEVI.,H.,W., "Nuclear Engineering", Mc., Brwa Hill Book, W., New York, 1981, hal 241.
4. PURWADI, KP., "Penerapan Cara Analisis Potensimetri Davies Gray Termodifikasi untuk Penentuan Kandungan Uranium" Prosiding Pertemuan Ilmiah PPNY, Batan, Yogyakarta, 1998

DISKUSI

1. Nama Penanya : Abdul Aziz RH

Pertanyaan :

1. Adakah variable lain yang mempengaruhi pengendapan ini?
2. Ditampilkan data untuk hasil yang lain?

Jawaban :

Ada, seperti suhu. Ada di table 1 atau gambar 3

2. Nama Penanya : Diyah Erlina Lestari

Pertanyaan :

Dalam percobaan dilakukan dengan memvariasi PH. Mohon dijelaskan bagaimana cara mengatur PH

Jawaban :

Dengan cara menetasakan NHYOH sedikit demi sedikit menggunakan buret hingga di peroleh PH yang diinginkan dengan melihat digitasl yang ditampilkan pada PH meter

Lampiran

No.	pH pengendapan	Uranium dalam filtrate hasil pengendapan (g/l)	Efisiensi Pengendapan (%)	Efisiensi Pengendapan rerata (%)	Amonium dibutuhkan rerata (ml)
1.	3	0,227 0,230 0,226 0,236	67,61 67,17 67,46 66,93	67,29 ± 0,30	7,60
2.	4	0,170 0,206 0,216 0,201	70,91 70,61 71,01 70,41	70,73 ± 0,28	11,30
3.	5	0,206 0,204 0,201 0,204	70,61 70,98 71,41 70,91	70,98 ± 0,33	15,40
4.	6	0,206 0,207 0,203 0,208	70,82 70,12 71,27 70,61	70,70 ± 0,48	18,60
5.	7	0,211 0,205 0,213 0,210	69,88 70,70 70,13 69,70	70,13 ± 0,48	22,20
6.	8	0,475 0,477 0,484 0,473	32,33 31,68 32,42 32,14	32,14 ± 0,47	24,90