



ID0200110

PENGOLAHAN BIJIH URANIUM ASAL RIRANG : PEMISAHAN LTJ DARI HASIL DIGESTI BASA

Erni R.A, Rudi Pudjianto, Zahardi, Susilaningtyas
Pusat Pengembangan Bahan Galian Nuklir - BATAN

ABSTRAK

PENGOLAHAN BIJIH URANIUM ASAL RIRANG: PEMISAHAN LTJ DARI HASIL DIGESTI BASA. Bijih uranium asal Rirang Kalimantan Barat mengandung unsur yang sangat potensial serta mempunyai nilai ekonomis yang cukup tinggi antara lain uranium (U) 0,52 %, logam tanah jarang (LTJ) 63,04 %, fosfat (PO_4^{3-}) 24,55 % dan torium (Th) 0,02 %. Untuk mendapatkan unsur-unsur tersebut secara terpisah diperlukan proses pemisahan dan pemurnian secara bertahap. Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan pemisahan fosfat dengan cara dekomposisi menggunakan NaOH, sedangkan pada penelitian ini bertujuan untuk memisahkan LTJ dari U dan Th melalui 2 tahap proses yaitu pelarutan total dari LTJ, U dan Th serta sisa fosfat yang tidak terdekomposisi menggunakan HCl, dilanjutkan dengan tahap pengendapan U dan Th menggunakan NH_4OH . Hasil penelitian menunjukkan, untuk tahap pelarutan total, dengan konsentrasi HCl 23 % (berat) diperoleh kondisi optimal yaitu konsumsi HCl (pk) 17,85 gr/10 gr umpan, suhu 80 °C, waktu 1 jam dengan rekoveri LTJ 94,41 %, U 99,15 %, Th 95,17 % dan PO_4^{3-} 94,58 %. Untuk tahap pengendapan U dan Th dengan suhu kamar dan waktu 1 jam, diperoleh kondisi optimal pH $\pm 6,4$ dan konsentrasi reagen NH_4OH 2 N dengan rekoveri pengendapan U 98,99 %, Th 95 %, LTJ terendapkan 8,16 %, PO_4^{3-} atau LTJ terpisahkan 91,97 % sedangkan U terikut 1,01 % dan Th 5 %.

ABSTRACT

RIRANG URANIUM ORE PROCESSING : SEPARATION OF RARE EARTH FROM ALKALINE DIGEST. Rirang uranium ore contains several economically potential elements, including U (0.52 %), RE (63.04 %), PO_4^{3-} 24.55 % and Th 0.02 %. Separation and purification processes are employed to obtain relatively pure concentrate of the elements. Separation of phosphate by decomposition using NaOH was conducted previously. The present experiment has an objective, e.g. to separate RE from U and Th through a two step process, total dissolution of RE, U, Th and undecomposed of phosphate remain using HCl, by precipitation of U and Th using NH_4OH . Experimental condition includes dissolution of RE in hydrochloric acid 15 ml/10 gr feed at 80 °C for 1 hr, followed by precipitation of U and Th using 2 N NH_4OH at pH 6.4 and room temperature. Experimental data show excellent dissolution recovery for RE 94.41 %, U 99.15 %, Th 95.17 %, while precipitation of U and Th produced separation recovery of RE 91.97 %, U 1.01 %, Th 5 % and PO_4^{3-} not detected. As a conclusion, RE can be separated from U and Th.

PENDAHULUAN

Bijih uranium asal Rirang Kalimantan Barat merupakan bijih yang komposisi kimianya berbeda dari bijih uranium dari daerah lain di Kalimantan Barat. Bijih ini merupakan bijih uranium mengandung monasit dan mengandung unsur antara lain uranium (U) 0,52 %, logam tanah jarang (LTJ) 63,04 %, fosfat (PO_4^{3-}) 24,55 %, molibdenum (Mo) 0,24 % dan torium (Th) 0,02 % yang sangat potensial serta mempunyai nilai ekonomis yang cukup tinggi.^[1] Untuk mendapatkan unsur-unsur tersebut secara individu, diperlukan proses pemisahan dan pemurnian secara bertahap. Pemisahan unsur-unsur tersebut dari bijih Rirang dapat dilakukan dengan beberapa cara, diantaranya cara asam dan cara basa.^[2] Sedangkan metode pemurnian yang dapat digunakan yaitu pengendapan

bertingkat, ekstraksi pelarut dan sebagainya.^[2]

Pada penelitian ini dipisahkan LTJ dari hasil digesti basa. Digesti basa adalah suatu proses pemisahan unsur-unsur uranium, logam tanah jarang, torium dan fosfat dari bijih Rirang dengan cara dekomposisi menggunakan pelarut NaOH. Hasilnya fosfat terlarut sedangkan uranium, torium, dan logam tanah jarang berada dalam fasa padat. Tujuan dari penelitian ini adalah memisahkan logam tanah jarang dari uranium dan torium dengan cara pelarutan menggunakan HCl yang dilanjutkan dengan pemisahan LTJ dengan cara pengendapan uranium dan torium. Faktor yang berpengaruh dan parameter yang diamati pada tahap pelarutan dengan HCl adalah konsumsi pelarut, suhu dan waktu pelarutan. Sementara, pada tahap pemisahan LTJ parameter yang diamati adalah pH pengendapan dan konsentrasi reagen.

TEORI

Kondisi pelarutan hidroksida logam yang mengandung uranium, torium dan logam tanah jarang (hasil digesti basa menggunakan NaOH) dalam HCl, dipengaruhi oleh kondisi reaksi digesti basa, terutama untuk pelarutan torium. Pada suhu digesti di atas 195 °C, sekitar 50 % torium tidak dapat larut dalam asam.^[2]

Reaksi ini setara untuk reaksi pelarutan uranium dan torium. Bahan-bahan yang tidak larut adalah silika, zirkon dan rutil yang terkandung dalam bijih Rirang. Berdasarkan penelitian^[3], digesti bijih Rirang dengan ukuran bijih 98 % minus 325 mesh menggunakan pelarut 50 % NaOH pada suhu 138 °C, menghasilkan padatan hidroksida logam yang larut cepat dan sempurna dalam asam pada suhu 79 °C. Asam yang digunakan adalah HCl 37 % (dengan perbandingan 1,5 lb asam/lb bijih atau 125 % kebutuhan secara teoritis) dicampur dengan air (dengan perbandingan 5 lb air/lb bijih). Larutannya dipanaskan selama 1 jam. Faktor yang mempengaruhi adalah konsumsi asam, suhu dan waktu pelarutan.^[2]

Setelah uranium, torium, logam tanah jarang larut dalam HCl, maka tahap selanjutnya adalah memisahkan LTJ dengan cara mengendapkan uranium dan torium menggunakan pelarut basa dengan pengaturan pH.

Reagen pengendapan yang biasa digunakan adalah NH₄OH dan NaOH. Keuntungan pemakaian NH₄OH, penanganannya mudah dan harganya lebih murah. Sedangkan pemakaian NaOH, penanganannya lebih sulit tetapi dapat dimanfaatkan hasil *recycle* dari proses sebelumnya.^[2] Faktor yang sangat berpengaruh pada proses pengendapan adalah pH, seperti terlihat pada tabel 1.

Tabel 1 : Distribusi unsur dalam larutan dan endapan sesudah pengendapan selektif dari torium dan uranium pada pH 5,8^[2]

Unsur	Rekoveri (%)	
	Dalam larutan	Dalam endapan
U	0.7	99.3
Th	0.3	99.7
LTJ	97.7	2.3
Fe	0	100
Ti	0	100
P	0	100
Cl	99.9	0.1

Dari tabel 1 terlihat, bahwa hampir semua torium dan uranium terendapkan, sedangkan logam tanah jarang hanya terendapkan 2,3 %, jadi logam tanah jarang terpisahkan 97,7 %.

BAHAN DAN TATA KERJA

Bahan

Padatan hidroksida logam (hasil digesti basa), asam klorida, amonium hidroksida dan bahan kimia analisis.

Alat

Satu unit alat pelarutan, alat gelas lab., pengaduk magnetik, pemanas listrik, alat penyaring vakum, pompa vakum, timbangan, oven, kertas saring, satu unit pH-meter, satu unit Spektrometer.

Tata Kerja

I. Pembuatan umpan pelarutan (digesti basa)

Alat digesti disiapkan dengan memasang gelas kimia, motor pengaduk dan pengaduk serta pemanas listrik. Air sebanyak yang ditentukan dimasukkan ke dalam gelas kimia, dipanaskan di atas pemanas listrik sampai suhu air mencapai ±40 °C, kemudian natrium hidroksida sebanyak yang ditentukan dimasukkan sambil diaduk. Setelah suhu kira-kira 60 °C sejumlah bijih yang telah ditentukan dimasukkan, suhu dinaikkan sampai dengan suhu digesti 140 °C dan diaduk sampai waktu yang ditentukan. Setelah digesti selesai, pemisahan filtrat fosfat dan residu dilakukan dengan penyaring vakum dalam keadaan panas. Residu diencerkan dengan air panas sebanyak 6 kali berat bijih kemudian dipanaskan pada suhu 80 °C - 100 °C selama 30 menit dan disaring dalam keadaan panas. Selanjutnya dilakukan pencucian dengan jumlah air pencuci 3 kali sampai 5 kali berat bijih. Filtrat diukur volumenya dan diambil sebagian untuk dianalisis kadar U, LTJ, Th, PO₄³⁻ dan sisanya digunakan untuk umpan pelarutan. Padatan hidroksida yang dihasilkan dilakukan percobaan, sebagian diambil untuk dianalisis kadar U, LTJ, Th, PO₄³⁻.

Analisa U, Th, PO_4^{3-} menggunakan spektrometer sedangkan analisa LTJ menggunakan gravimetri.

II. Pelarutan

1. Penentuan konsumsi HCl

Sejumlah umpan padatan hidroksida logam ditambah HCl pekat dengan volume yang divariasi dan jumlah air yang ditetapkan, kemudian diaduk sambil dipanaskan pada suhu yang ditetapkan. Setelah suhu tercapai, campuran diaduk terus selama 1 jam. Kemudian campuran hasil pelarutan disaring untuk memisahkan filtrat U, LTJ, Th klorida dan residu dan kedua fase tersebut dianalisis kadar U, LTJ, Th, PO_4^{3-} . Hubungan antara konsumsi HCl dengan rekoveri pelarutan U, LTJ, Th, PO_4^{3-} dievaluasi guna menentukan konsumsi HCl yang optimal.

2. Penentuan suhu pelarutan

Sejumlah umpan padatan hidroksida logam ditambah sejumlah HCl pekat (hasil optimal dari percobaan II.1) dan sejumlah air, kemudian diaduk sambil dipanaskan sampai suhu tertentu yang divariasi. Setelah suhu tercapai, campuran diaduk terus selama 1 jam. Kemudian campuran hasil pelarutan disaring untuk memisahkan filtrat U, LTJ, Th klorida dan residu. Masing-masing diambil untuk dianalisis kadar U, LTJ, Th, PO_4^{3-} . Hubungan suhu pelarutan dengan rekoveri pelarutan U, LTJ, Th, PO_4^{3-} dievaluasi guna menentukan suhu pelarutan optimal.

3. Penentuan waktu pelarutan

Sejumlah umpan padatan hidroksida logam ditambah sejumlah HCl pekat (hasil optimal dari percobaan II.1) dan sejumlah air, kemudian diaduk sambil dipanaskan sampai dengan suhu tertentu (hasil optimal dari percobaan II.2). Setelah suhu tercapai, campuran diaduk terus selama waktu yang divariasi. Kemudian campuran hasil pelarutan disaring untuk memisahkan filtrat U, LTJ, Th klorida dan residu dan masing-masing fase dicuplik untuk dianalisis kadar U, LTJ, Th, PO_4^{3-} . Waktu pelarutan dengan rekoveri pelarutan U, LTJ, Th, PO_4^{3-} dievaluasi guna menentukan waktu pelarutan optimal.

4. Uji coba kondisi optimal pelarutan

Sejumlah umpan padatan hidroksida logam ditambah sejumlah HCl pekat (hasil optimal dari percobaan II.1) dan sejumlah air, kemudian diaduk sambil dipanaskan sampai dengan suhu tertentu (hasil optimal dari percobaan II.2). Setelah suhu tercapai, campuran diaduk terus selama waktu tertentu (hasil optimal dari percobaan II.3). Kemudian campuran hasil pelarutan disaring untuk memisahkan filtrat U, LTJ, Th klorida dan residu dan masing-masing dicuplik untuk dianalisis kadar U, LTJ, Th, PO_4^{3-} . Hubungan rekoveri pelarutan U, LTJ, Th, PO_4^{3-} dan kondisi optimal pelarutan dievaluasi.

III. Pembuatan umpan pengendapan U dan Th (pelarutan padatan hidroksida logam)

Sejumlah umpan padatan hidroksida logam ditambah sejumlah HCl pekat (hasil optimal dari percobaan II.1) dan sejumlah air, kemudian diaduk sambil dipanaskan sampai dengan suhu tertentu (hasil optimal dari percobaan II.2). Setelah suhu tercapai, campuran diaduk terus selama waktu tertentu (hasil optimal dari percobaan II.3). Kemudian campuran hasil pelarutan disaring untuk memisahkan filtrat U, LTJ, Th klorida dan residu. Filtrat klorida dilakukan percontohan untuk digunakan sebagai umpan pengendapan.

IV. Pengendapan U dan Th

1. Penentuan pH pengendapan

Sejumlah umpan larutan klorida ditambahkan dengan variasi jumlah NH_4OH (reagen pengendapan) pada konsentrasi tertentu sehingga dicapai pH bervariasi. Setelah pH stabil, campuran diaduk terus selama 1 jam.^[2] Kemudian campuran hasil pengendapan disaring untuk memisahkan filtrat dan endapan U, Th hidroksida dan masing-masing dicuplik untuk dianalisis kadar U, LTJ, Th, PO_4^{3-} . Hubungan pH pengendapan dengan rekoveri U, LTJ, Th, PO_4^{3-} dievaluasi guna menentukan pH optimal.

2. Penentuan konsentrasi reagen pengendapan

Sejumlah umpan larutan khlorida ditambah dengan sejumlah NH₄OH dengan konsentrasi yang divariasi sehingga dicapai pH tertentu (hasil optimal dari percobaan IV.1). Setelah pH stabil, campuran diaduk terus selama 1 jam. Kemudian campuran hasil pengendapan disaring untuk memisahkan filtrat dan endapan U, Th hidroksida. Masing-masing dianalisis kadar U, LTJ, Th, PO₄³⁻. Dilakukan evaluasi konsentrasi reagen pengendapan dengan rekoverti U, LTJ, Th, PO₄³⁻ guna menentukan konsentrasi reagen optimal.

3. Uji coba kondisi optimal pengendapan

Sejumlah umpan ditambahkan dengan sejumlah NH₄OH (reagen pengendapan) dengan konsentrasi tertentu (hasil optimal dari percobaan IV.2), sehingga dicapai pH tertentu (hasil optimal dari percobaan IV.1). Setelah pH stabil, campuran diaduk terus selama 1 jam. Kemudian campuran hasil pengendapan disaring untuk memisahkan filtrat dan residu. Masing-masing dianalisis kadar U, LTJ, Th, PO₄³⁻. Dilakukan evaluasi rekoverti pengendapan U, LTJ, Th, PO₄³⁻ terhadap kondisi optimal pengendapan.

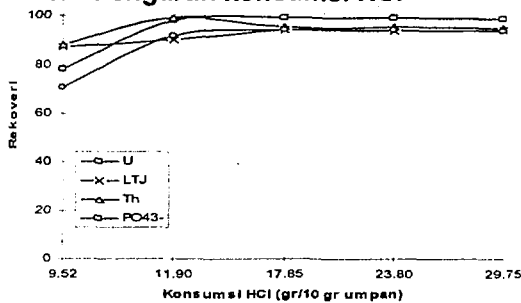
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Hasil percobaan pemisahan LTJ dari hasil digesti basa disajikan dalam bentuk kurva dan tabel terlampir berikut :

I. Tahap pelarutan

1. Pengaruh konsumsi HCl

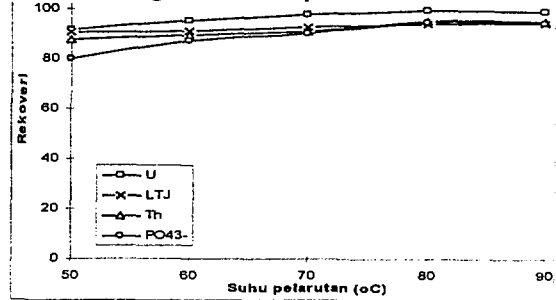


Gambar 1. kurva pengaruh konsumsi HCl terhadap rekoverti U, Th, LTJ, PO₄³⁻

Parameter tetap :

- Berat umpan : 10 gram.
- Waktu : 2 jam
- Suhu : 80 °C
- Konsentrasi HCl : 23 %

2. Pengaruh suhu pelarutan

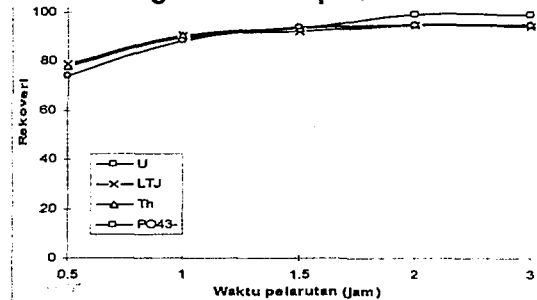


Gambar 2. kurva pengaruh suhu pelarutan terhadap rekoverti U, Th, LTJ, PO₄³⁻

Parameter tetap :

- Berat umpan : 10 gram.
- Waktu. : 2 jam
- Konsumsi HCl : 17,85 gr.
- Konsentrasi HCl : 23 %

3. Pengaruh waktu pelarutan



Gambar 3. Kurva pengaruh waktu pelarutan terhadap rekoverti U, Th, LTJ, PO₄³⁻

Parameter tetap :

- Berat umpan : 10 gram.
- Suhu : 80 °C.
- Konsumsi HCl : 17,85 gr.
- Konsentrasi HCl : 23 %

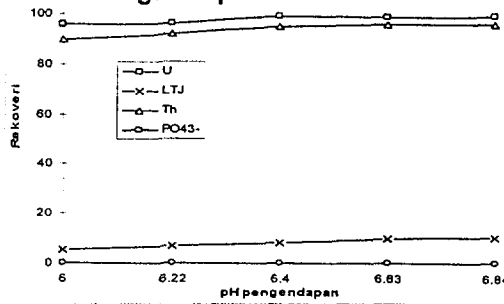
4. Uji coba kondisi optimal pelarutan

Tabel-2 : Uji coba kondisi optimal pelarutan pada suhu 80 °C, waktu 2 jam, konsentrasi HCl 23 % berat, dan konsumsi HCl 17,85 g/10 g umpan.

Sampel (gram)	Rekoverti (%)			
	U	LTJ	Th	PO ₄ ³⁻
500	99.22	94.92	95.21	94.13
1000	99.15	94.41	95.17	94.58

II. Tahap pengendapan

1. Pengaruh pH

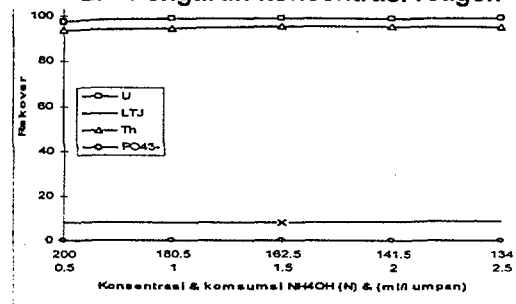


Gambar 4. kurva pengaruh pH pengendapan terhadap rekovery U, Th, LTJ, PO₄³⁻

Parameter tetap :

- Konsentrasi NH₄OH : 0,5 N
- Waktu : 1 jam.
- Suhu : 30 °C

2. Pengaruh konsentrasi reagen



Gambar 5. Kurva pengaruh konsentrasi NH₄OH terhadap rekovery U, Th, LTJ, PO₄³⁻

Parameter tetap :

- pH : 6,5
- Waktu : 1 jam.
- suhu : 30 °C.

3. Uji coba kondisi optimal pengendapan

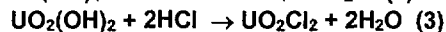
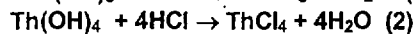
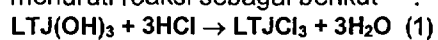
Tabel-3 : Uji coba kondisi optimal pengendapan pada suhu 30 C, NH₄OH 2 N, dan waktu 1 jam

Sampel (ml)	Kondisi pH	Rekovery (%)						
		Endapan				Larutan		
		U	LTJ	Th	PO ₄ ³⁻	U	LTJ	Th
250	6.41	98.99	8.03	95.00	ttd	1.01	91.97	5.0
500	6.48	99.12	8.21	95.31	ttd	0.88	91.89	4.09

PEMBAHASAN

1. Pada tahap pelarutan :

Pelarutan LTJ, U, Th, PO₄³⁻ pada residu hasil dekomposisi fosfat dengan HCl menuruti reaksi sebagai berikut [3] :



Unsur-unsur tersebut dapat larut dengan HCl bila dalam bentuk senyawa hidroksida atau fosfat dan terdekomposisi secara sempurna. Pada penentuan pengaruh konsumsi HCl, suhu dan waktu pelarutan optimal, pelarutan unsur-unsur tersebut cenderung menunjukkan karakteristik relatif sama. Konsumsi HCl makin banyak (gb.1), suhu makin tinggi (gb.2) dan waktu makin lama (gb.3), rekovery pelarutan LTJ, U, Th makin besar tetapi pada kondisi tertentu rekovery pelarutannya konstan meskipun konsumsi HCl diperbesar/suhu dinaikkan/waktu diperlama. Hal ini kemungkinan disebabkan karena sisa LTJ, U, Th dalam hasil dekomposisi

masih dalam bentuk senyawa fosfat sehingga tidak bisa dilarutkan dengan HCl

2. Tahap pengendapan :

Pada tahap ini LTJ dipisahkan dari U dan Th dengan cara mengendapkan U dan Th menggunakan larutan NH₄OH menuruti reaksi sebagai berikut [3] :

$$\text{LTJCl}_3 + 3\text{NH}_4\text{OH} \rightarrow \text{LTJ}(\text{OH})_3 + 3\text{NH}_4\text{Cl} \quad (1)$$

$$\text{ThCl}_4 + 4\text{NH}_4\text{OH} \rightarrow \text{Th}(\text{OH})_4 + 4\text{NH}_4\text{Cl} \quad (2)$$

$$\text{UO}_2\text{Cl}_2 + 2\text{NH}_4\text{OH} \rightarrow \text{UO}_2(\text{OH})_2 + 2\text{NH}_4\text{Cl} \quad (3)$$

NH₄OH dipilih sebagai reagen karena penanganannya mudah dan harganya lebih murah dibandingkan dengan NaOH. Senyawa klorida dari ketiga unsur tersebut dapat diendapkan dengan NaOH, dan masing-masing unsur mempunyai kecepatan pengendapan tersendiri. Hal itu terlihat pada % rekovery pengendapan misalnya U 99 %, Th 95 % dan LTJ 8 %. Dengan kata lain LTJ terpisahkan 92 % dari campuran padatan U dan Th pada tahap pengendapan ini. Oleh karena besarnya kadar LTJ, ksp LTJ terlampaui sehingga LTJ ikut terendapkan sebesar 8 %.

Pada pemisahan LTJ dari U dan Th ini, rekoveri total pemisahan LTJ adalah rekoveri pelarutan LTJ, U, Th x rekoveri pengendapan U dan Th yaitu 94,41 % x 91,97 % = 86,83 %.

KESIMPULAN

Penelitian pemisahan LTJ dari hasil digesti basa dapat disimpulkan :

1. Pada tahap pelarutan LTJ, U, Th dengan kondisi yang ditetapkan, konsentrasi HCl 23 % (berat) diperoleh konsumsi HCl optimal 17,85 gr/gr umpan, suhu optimal 80 °C dan waktu optimal 2 jam dengan rekoveri LTJ 94,41 %, U 99,15 %, Th 95,17 %, PO_4^{3-} 94,58 %.
2. Pada tahap pengendapan U dan Th dengan kondisi yang ditetapkan, waktu 1 jam pada suhu kamar diperoleh pH optimal 6,4, konsentrasi NH_4OH optimal 2 N dengan rekoveri LTJ 91,97 %, U 1,01 %, Th 5 % dan PO_4^{3-} ttd.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada semua staf Bidang TPBN yang telah membantu pelaksanaan penelitian sampai terwujudnya makalah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. KLAUS, B., SUPRAPTO, *Investigation of Uranium Mineralization in the Rirang Valey, West Kalimantan, Indonesia*, laporan PPBGN, (1986).
- [2]. CUTHBERT, F.L., *Thorium Production Technology*, Addition Wesley Publishing company, Inc. , (1958)
- [3]. RIZA, F., *Ore processing and Refining Technology*, Ningyo Toge Works, PNC, Japan, (1997).
- [4]. Day, R.A.Jr., Underwood A.L., *Analisa Kimia Kuantitatif*, Penerbit Erlangga, 4 (1986) 204 -210.

Tanya Jawab

A. Sorot Soediro :

- Dalam abstrak pada baris 2 dari bawah ditulis bahwa LTJ terendapkan 8,16 % dan LTJ terpisahkan 91,97 %. Total dari 8,16 % + 91,97 % = 100,3 %. Seharusnya total = 100 %. Mohon dijelaskan 0,13 % (sisa).
- Pada baris yang sama di atas tertulis LTJ terendapkan 8,16 %, PO_4^{3-} (?) atau LTJ terpisahkan 91,97 %. Mohon dijelaskan.

Erni R

- Memang ada ralat, karena yang dianalisa hanya satu fase (larutan), sedangkan fase padatnya, diambil selisih antara 100 % dengan hasil terukur difase larutan. Yang benar adalah LTJ terpisahkan 91,84 %.
- Setelah "tanda" PO_4^{3-} ada "tanda" ttd

Kosim Affandi

- Hasil Rekoveri pengendapan LTJ dari Monasit dengan waktu 3 jam -> Rekoveri 99 %, sedangkan dari bijih Rirang dengan waktu 2 jam, rekoveri 94 %, apa yang menyebabkan perbedaan tersebut, apakah kandungan unsur dalam umpan atau faktor waktu pengendapan.

Erni R

- Perbedaan ini disebabkan karena tahap prosesnya berlainan -> yang dimaksud rekoveri LTJ dengan waktu pengendapan 3 jam adalah tahap pengendapan LTJ pada kondisi pH 9,8. Sedangkan yang dimaksud rekoveri LTJ 94 % dengan waktu 2 jam adalah tahap pengendapan U dan Th (pemisahan LTJ dari U dan Th).

LAMPIRAN :

I. Pelarutan

Tabel-4 : Pengaruh konsumsi HCl

Konsumsi HCl (gr/10 gr umpan)	Rekoveri (%)			
	U	LTJ	Th	PO ₄ ³⁻
9,52	78.21	87.17	88.21	70.64
11,90	97.95	90.28	99.11	91.71
17,85	99.28	94.20	95.63	94.24
23,80	99.35	93.94	95.41	94.51
29,75	98.99	94.41	95.17	94.01

Parameter tetap :

- Berat umpan : 10 gram.
- Waktu : 2 jam.
- Suhu : 80 °C.
- Konsentrasi HCl : 23 %

Tabel-5 : Pengaruh suhu pelarutan

Suhu (°C)	Rekoveri (%)			
	U	LTJ	Th	PO ₄ ³⁻
50	91.66	90.50	87.61	80.02
60	95.41	91.05	89.45	87.17
70	97.87	92.67	91.27	90.28
80	99.51	94.11	95.13	94.71
90	99.32	94.27	95.24	94.54

Parameter tetap :

- Berat umpan : 10 gram.
- Waktu : 2 jam.
- Konsumsi HCl : 17,85 gr.
- Konsentrasi HCl : 23 %

Tabel-6 : Pengaruh waktu pelarutan

Waktu (jam)	Rekoveri (%)			
	U	LTJ	Th	PO ₄ ³⁻
0.5	77.68	78.70	77.81	74.11
1.0	89.28	90.20	90.11	88.24
1.5	93.23	92.05	93.18	93.91
2.0	99.01	94.61	95.25	94.58
3.0	99.11	94.28	95.00	94.71

Parameter tetap :

- Berat umpan : 10 gram.
- Suhu : 80 °C.
- Konsumsi HCl : 17,85 gr.
- Konsentrasi HCl : 23 %

II. Pengendapan

Tabel-7 : Pengaruh pH

pH	Rekoveri (%)			
	U	LTJ	Th	PO ₄ ³⁻
6.00	95.71	5.42	89.67	ttd
6.22	96.12	6.84	92.17	ttd
6.40	99.02	8.16	95.21	ttd
6.63	98.89	9.72	95.71	ttd
6.84	99.10	10.17	96.01	ttd

Parameter tetap :

- Konsentrasi NH₄OH : 0,5 N
- Waktu : 1 jam.
- Suhu : 30 °C

Tabel-8 : Pengaruh konsentrasi NH_4OH

Konsentrasi NH_4OH (N)	Konsumsi NH_4OH (ml/l umpan)	Rekoveri (%)			
		U	LTJ	Th	PO_4^{3-}
0.5	200.0	97.50	8.01	93.68	ttd
1.0	180.5	98.79	7.98	94.65	ttd
1.5	162.5	98.98	7.99	95.32	ttd
2.0	141.5	99.02	8.31	95.17	ttd
2.5	134.0	99.14	8.59	95.41	ttd

Parameter tetap :

- pH : 6,4

- Waktu

: 1 jam.

- suhu : 30 °C.