

**PENENTUAN KONDISI PELARUTAN RESIDU DARI HASIL
PELARUTAN PARSIAL MONASIT BANGKA****Sumarni^{*)}, Riesna Prassanti^{*)}, Kurnia Trinopiawan^{*)}, Sumiarti^{*)}, Hafni Lissa N^{**)}**^{*)} Pusat Pengembangan Geologi Nuklir - BATAN
Jl. Lebak Bulus Raya No 9, Pasar Jum'at, Jakarta Selatan^{**)} Pusat Rekayasa Perangkat Nuklir - BATANEmail : riesna@batan.go.id

Masuk: 30 September

Revisi: 11 Oktober

Diterima: 31 Oktober

ABSTRAK

PENENTUAN KONDISI PELARUTAN RESIDU DARI HASIL PELARUTAN PARSIAL MONASIT BANGKA. Pengolahan monasit Bangka untuk memisahkan unsur-unsur utama yang terkandung di dalamnya, yaitu fosfat (PO_4), tanah jarang (RE), uranium (U) dan thorium (Th) melalui proses dekomposisi dengan sodium hidroksida (NaOH), untuk memisahkan PO_4 terlebih dahulu. Pada tahap ini dihasilkan residu yang mengandung (U, Th, RE) hidroksida. Residu ini dilarutkan dengan asam klorida (HCl) pekat untuk memisahkan RE dari U dan Th. Hasil pelarutan tersebut pada pH 3,7 RE terpisah (larut) 62 %. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk memisahkan RE dari U dan Th yang masih terkandung dalam residu pelarutan RE pada pH 3,7 tersebut. Tujuan penelitian ini untuk menentukan kondisi optimum pelarutan pada residu hasil pelarutan parsial dengan asam sulfat pekat (H_2SO_4). Parameter yang digunakan pada penelitian adalah waktu pelarutan, suhu pelarutan dan konsumsi H_2SO_4 . Hasil penelitian diperoleh kondisi pelarutan optimal pada waktu 2 jam, konsumsi H_2SO_4 100 ml/gram umpan dan suhu 130 °C dengan rekoveri pelarutan RE = 93,46%, U = 92,30 % dan Th = 97,15 %.

Kata kunci: pelarutan, monasit, Bangka**ABSTRACT**

DETERMINATION OF RESIDUE DISSOLUTION CONDITION, AS PARTIALLY DISSOLUTION PRODUCT OF MONAZITE BANGKA. Bangka monazite processing to separate its major elements i.e. phosphate (PO_4), rare earth (RE), uranium (U) and thorium (Th) through decomposition process with NaOH to separate the PO_4 first. This process produces a residue of (U, Th, RE) hydroxide. Then this residue is dissolved with HCl concentrate partially at 3,7 of pH to separate the RE from U and Th. In this process 62 % of RE is dissolved. The residue of RE dissolution at 3,7 of pH still contain U, Th and RE, so continuation research needed to be done separate U, Th and RE mentioned. The purpose of this research is to determine the optimum condition of residue dissolution as product of partial dissolution by using concentrate H_2SO_4 . On the next research each element of U, Th and RE will be separated. The research's parameters are dissolution time, dissolution temperature and consumption of H_2SO_4 . The result showed that the optimum conditions were 2 hours of time, 30 °C of temperature and 100 ml of H_2SO_4 /gram of feed with recovery 92,30 % of U, 97,15 % of Th and 93,46 % of RE.

Keywords: dissolution, monazite, Bangka

PENDAHULUAN

Monasit sebagai hasil samping penambangan timah di Pulau Bangka mengandung unsur-unsur yang memiliki nilai ekonomis cukup tinggi, diantaranya RE_2O_3 58,97%, U 0,298%, Th 4,147%, dan PO_4 23,712%^[1]. Penelitian terdahulu telah memperoleh beberapa tahapan proses pengolahan monasit yang meliputi preparasi monasit, dekomposisi, pelarutan parsial, pengendapan U & Th, dan pengendapan $RE(OH)_3$. Pada tahapan pelarutan parsial diperoleh rekovery RE = 62%, U = 3%, dan Th = 42%^[2]. Dengan demikian, masih cukup banyak RE, U, maupun Th yang berada dalam residu pelarutan. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk meningkatkan efisiensi proses pengolahan monasit. Residu hasil pelarutan parsial (RE, U, dan Th) hidroksida dapat larut dengan asam kuat (H_2SO_4 , HCl dan HNO_3)^[3]

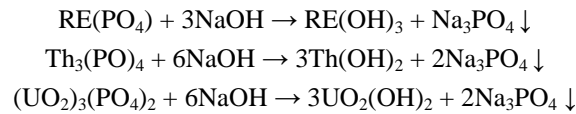
Pada penelitian ini dilakukan pelarutan kembali residu hasil pelarutan parsial dengan menggunakan reagen H_2SO_4 pekat untuk melarutkan RE, U, dan Th sehingga dapat dilakukan proses pemisahan masing-masing. Beberapa metode pemisahan RE, U, maupun Th membutuhkan larutan umpan yang berada pada kondisi sulfat, seperti pemisahan RE menggunakan resin IRA 402^[2], dan pemisahan U dari Th dengan metode ekstraksi pelarut Alamine^[4].

RE, U, dan Th larut dalam H_2SO_4 ^[4], namun rekovery pelarutannya dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya konsumsi reagen H_2SO_4 , suhu, dan waktu pelarutan. Untuk itu perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui kondisi operasi yang optimal dari ketiga parameter tersebut.

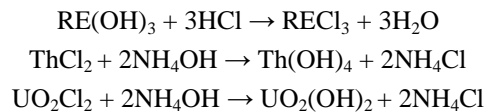
TEORI

Umpan penelitian diperoleh melalui tahapan sebagai berikut:

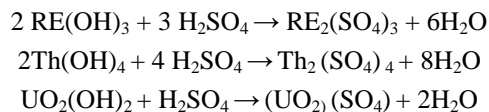
- Preparasi monasit, merupakan tahapan penggerusan monasit hingga diperoleh butiran monasit berukuran -325 mesh. Tahapan ini diperlukan untuk memperluas permukaan kontak monasit dengan reagen-reagen pada proses pengolahan monasit.
- Dekomposisi, bertujuan untuk memecah ikatan fosfat pada monasit sesuai dengan persamaan reaksi^[5]:

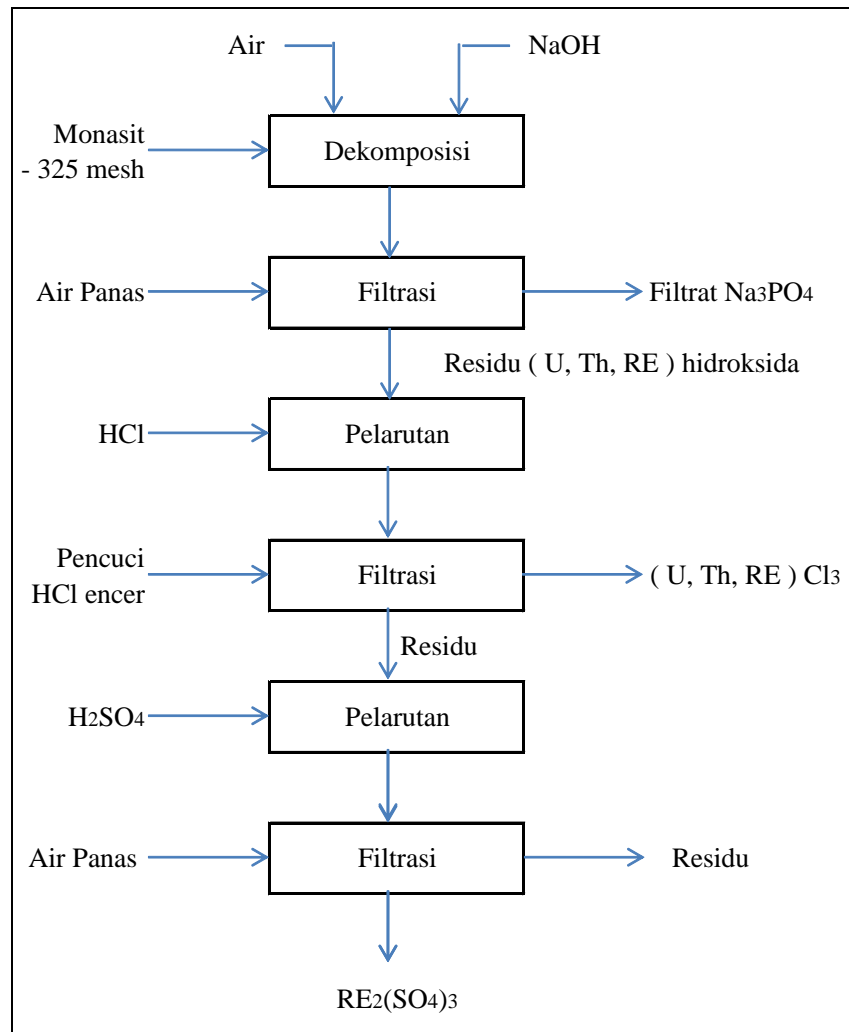


Pelarutan parsial, bertujuan untuk melarutkan sebanyak mungkin RE yang terdapat pada residu dekomposisi dengan U dan Th terlarut seminimal mungkin. Persamaan reaksi adalah sebagai berikut^[5]:



Residu pelarutan parsial, yang merupakan umpan penelitian, dilarutkan dengan H_2SO_4 pekat dengan variasi waktu dari 1 hingga 5 jam, variasi suhu dari 70 hingga 150°C, dan variasi konsumsi reagen dari 50 hingga 250 ml H_2SO_4 / 100 gram umpan. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut^[6]:





Gambar 1. Blok diagram proses penentuan kondisi optimal pelarutan residu hasil pemisahan parsial

TATA KERJA

Bahan

1. Monasit
2. Residu hasil pelarutan RE / (U,Th,RE) hidroksida
3. Natrium hidroksida (NaOH)
4. Asam klorida pekat (HCl)
5. Asam sulfat pekat (H₂SO₄)
6. Bahan kimia untuk analisis

Alat

1. Satu unit alat dekomposisi (pemanas listrik, motor pengaduk, termometer, batang pengaduk, beker gelas, statip)
2. Satu unit alat pelarutan (pemanas listrik, motor pengaduk, termometer, batang pengaduk, beker gelas, statip, pH meter dan elektroda pH)
3. Satu unit alat pemisah padat cair (pompa vakum)
4. Timbangan
5. Oven
6. Peralatan analisis
7. Peralatan gelas lainnya

Tata kerja

Penelitian ini ada 2 tahap pekerjaan

1. Pembuatan umpan
2. Penelitian penentuan kondisi optimal pelarutan residu dari hasil pelarutan RE

1. Pembuatan umpan terdiri atas 2 tahapan proses

- a. Proses dekomposisi
- b. Proses pelarutan RE

- a. Proses dekomposisi

Disiapkan alat dekomposisi dengan memasang gelas kimia, motor pengaduk, batang pengaduk dan pemanas listrik. Dimasukkan air sebanyak 1700 ml ke dalam gelas kimia 5000 ml, dipanaskan diatas pemanas listrik sampai suhu $\pm 40^{\circ}\text{C}$, kemudian ditambah NaOH sebanyak 1500 gram sambil diaduk. Setelah suhu $\pm 60^{\circ}\text{C}$ dimasukkan bijih monasit sebanyak 1000 gram, suhu dekomposisi dinaikkan sampai dengan suhu dekomposisi 140°C diaduk selama 4 jam.

Setelah dekomposisi selesai dilakukan pemisahan filtrat posfat dan residu dengan penyaringan vakum dalam keadaan panas. Selanjutnya dilakukan pencucian dengan air panas sampai pH filtrat 9,0. Padatan hidroksida yang dihasilkan digunakan untuk umpan pelarutan pH 3,7.

- b. Proses pelarutan RE

Disiapkan alat pelarutan dengan memasang gelas kimia, motor pengaduk, batang pengaduk dan pemanas listrik. Dimasukkan air sebanyak 30 % dari berat umpan ke dalam gelas kimia 5000 ml, dipanaskan diatas pemanas listrik sampai suhu $\pm 50^{\circ}\text{C}$, kemudian dimasukkan 1400 gram residu hasil dekomposisi sambil diaduk. Setelah suhu $\pm 60^{\circ}\text{C}$, dimasukkan HCl sedikit demi sedikit sampai pH 3,7 setelah pH 3,7 tercapai suhu pelarutan dinaikkan sampai dengan suhu 80°C dan pelarutan dilakukan selama 2 jam. Setelah pelarutan selesai dilakukan pemisahan filtrat dan residu dengan penyaringan vakum dalam keadaan panas. Selanjutnya dilakukan pencucian air pencuci 3 kali berat umpan. Residu yang dihasilkan digunakan untuk umpan penelitian pelarutan secara total dan sebagian diambil untuk dikeringkan dengan oven pada suhu 100°C sampai berat tetap kemudian dianalisa kadar U, Th, dan RE.

2. Penelitian pelarutan residu hasil pelarutan RE bertujuan untuk menentukan parameter:

- a. Waktu pelarutan
- b. Suhu pelarutan

- c. Konsumsi H_2SO_4
- a. Waktu pelarutan
Menyiapkan bahan, peralatan (motor pengaduk, batang pengaduk, beker gelas, pemanas, termometer, pompa vakum, oven, neraca dan alat gelas lainnya). Memasukkan umpan 100 gram kedalam beker gelas, kemudian dimasukkan H_2SO_4 pekat sebanyak 200 ml secara pelan-pelan sambil diaduk dan panaskan. Setelah H_2SO_4 habis pemanasan dilanjutkan sampai suhu $150^\circ C$ selama waktu yang divariasi (waktu: 1, 2, 3, 4, 5) jam. Setelah waktu pelarutan selesai hasil pelarutan diencerkan dengan air panas sebanyak 4×100 ml. Setelah diencerkan kemudian di saring dengan pompa vakum dan dicuci dengan air panas sebanyak 2×100 ml. Residu pelarutan ditimbang berat basah dan dipanaskan dengan oven pada suhu $100^\circ C$ sampai berat tetap. Residu kering ditimbang dan dianalisa kadar U, Th, dan RE.
- b. Suhu pelarutan
Menyiapkan bahan, peralatan (motor pengaduk, batang pengaduk, beker gelas, pemanas, termometer, pompa vakum, oven, neraca dan alat gelas lainnya). Memasukkan umpan 100 gram kedalam beker gelas, kemudian dimasukkan H_2SO_4 pekat sebanyak 200 ml secara perlahan sambil diaduk dan panaskan. Setelah H_2SO_4 habis pemanasan dilanjutkan sampai suhu yang divariasi (suhu: 70, 90, 110, 130 dan $150^\circ C$), selama 2 jam. Setelah waktu pelarutan selesai hasil pelarutan diencerkan dengan air panas sebanyak 4×100 ml. Setelah diencerkan kemudian di saring dengan pompa vakum dan dicuci dengan air panas sebanyak 2×100 ml. Residu pelarutan ditimbang berat basah dan dipanaskan dengan oven pada suhu $100^\circ C$ sampai berat tetap. Residu kering ditimbang dan dianalisa kadar U, Th dan RE.
- c. Konsumsi H_2SO_4
Menyiapkan bahan, peralatan (motor pengaduk, batang pengaduk, beker gelas, pemanas, termometer, pompa vakum, oven, neraca dan alat gelas lainnya). Memasukkan umpan 100 gram kedalam beker gelas, kemudian dimasukkan H_2SO_4 pekat sebanyak yang divariasi (konsumsi: 50, 100, 150, 200 dan 250) ml/100 gram umpan secara pelan-pelan sambil diaduk dan panaskan. Setelah H_2SO_4 habis pemanasan dilanjutkan sampai suhu $130^\circ C$, selama 2 jam. Setelah waktu pelarutan selesai hasil pelarutan diencerkan dengan air panas sebanyak 4×100 ml. Setelah diencerkan kemudian di saring dengan pompa vakum dan dicuci dengan air panas sebanyak 2×100 ml. Residu pelarutan ditimbang berat basah dan dipanaskan dengan oven pada suhu $100^\circ C$ sampai berat tetap. Residu kering ditimbang dan dianalisa kadar U, Th dan RE.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

1. Menentukan kondisi waktu optimum terhadap pelarutan U, Th dan RE pada residu hasil pelarutan parsial
Berat umpan = 100 gram basah = 65 gram kering
Kadar umpan = U : 1590,62 ppm, Th : 4261,62 ppm dan RE_2O_3 : 39,90 % (Tabel 1.)

Tabel 1. Pengaruh Waktu Terhadap Pelarutan U, Th dan RE

Waktu pelarutan (jam)	Residu Pelarutan Total				
	Berat basah (gr)	Berat kering (gr)	Kadar		
			U(ppm)	Th(ppm)	RE ₂ O ₃ (%)
1	56,10	43,70	168,28	1060,28	14,50
2	55,30	44,00	112,71	539,65	7,50
3	62,00	43,20	190,64	1666,77	16,20
4	57,50	43,90	234,96	2032,60	21,60
5	57,30	43,00	157,17	800,21	13,80

2. Menentukan kondisi suhu optimum terhadap pelarutan U, Th dan RE pada residu hasil pelarutan parsial
 Berat umpan = 100 gram basah = 65 gram kering
 Kadar umpan = U : 2642 ppm, Th : 5059,615 ppm dan RE₂O₃ : 41,55 % (Tabel 2)

Tabel 2. Pengaruh Suhu Terhadap Pelarutan U, Th dan RE

Suhu pelarutan (°C)	Residu Pelarutan Total				
	Berat basah (gr)	Berat kering (gr)	Kadar		
			U(ppm)	Th(ppm)	RE ₂ O ₃ (%)
70	51,10	34,05	486,50	1080,00	12,56
90	50,50	34,21	405,50	995,00	12,42
110	55,60	35,00	371,50	905,00	11,20
130	56,40	35,06	170,50	904,00	5,00
150	55,30	28,00	628,70	1150,00	7,55

3. Menentukan konsumsi H₂SO₄ optimum terhadap pelarutan U, Th dan RE pada residu hasil pelarutan RE
 Berat umpan = 100 gram basah = 65 gram kering
 Kadar umpan = U : 2743,5, Th : 16520 ppm dan RE₂O₃ : 42,4% (Tabel 3)

Tabel 3. Pengaruh Konsumsi H₂SO₄ Terhadap Pelarutan U, Th dan RE

Konsumsi H ₂ SO ₄ (ml)	Residu Pelarutan Total				
	Berat basah (gr)	Berat kering (gr)	Kadar		
			U(ppm)	Th(ppm)	RE ₂ O ₃ (%)
50	54,60	32,96	1044,25	2350	17,55
100	53,40	28,80	512,50	1190	6,90
150	53,10	28,00	628,75	1150	7,55
200	53,60	27,30	545,00	1000	6,80
250	53,60	26,80	470,00	1120	6,00

Pembahasan

Cara Menghitung Rekoveri ^[9]

$$Rekoveri = \frac{(\text{Berat unsur dalam umpan} - \text{Berat unsur dalam residu}) \text{ gram}}{\text{Berat unsur dalam umpan gram}} \times 100\%$$

1. Menentukan waktu optimum terhadap rekoveri pelarutan U, Th, RE pada residu hasil pelarutan parsial

Berat unsur dalam umpan = U : 0,1034 gr; Th : 0,2770 gr; dan RE₂O₃ : 25,74 gr (Tabel 4)

Tabel 4. Pengaruh Waktu Terhadap Rekoveri Pelarutan U, Th dan RE

Waktu pelarutan (jam)	Berat unsur dalam Residu pelarutan total (gr)			Rekoveri Pelarutan Total (%)		
	U	Th	RE ₂ O ₃	U	Th	RE ₂ O ₃
1	0,007353	0,026482	6,33	92,88	90,43	74,11
2	0,004952	0,023745	3,30	95,20	91,42	86,66
3	0,008235	0,046357	6,99	92,03	83,26	71,75
4	0,010315	0,089231	4,48	90,02	67,78	81,89
5	0,006758	0,034409	5,93	93,46	87,58	76,03

Kondisi proses:

- Suhu pelarutan = 150 °C, Konsumsi H₂SO = 200 ml/100 gram
 - Waktu pelarutan divariansi = (1, 2, 3, 4, 5) jam
- Menentukan suhu optimum terhadap rekoveri pelarutan U, Th, RE pada residu hasil pelarutan parsial

Berat unsur dalam umpan = U : 0,1717 gr, Th : 0,328875 gr, dan RE₂O₃ : 27,0600gr (Tabel 5)

Tabel 5 Pengaruh Suhu Terhadap Rekoveri U,Th,RE

Suhu pelarutan (°C)	Berat unsur dalam Residu pelarutan total (gr)			Rekoveri Pelarutan Total (%)		
	U	Th	RE ₂ O ₃	U	Th	RE ₂ O ₃
70	0,016565	0,036774	4,277	90,35	88,88	84,16
90	0,013872	0,034389	4,249	91,92	89,54	84,26
110	0,013002	0,031675	3,933	92,43	90,36	85,43
130	0,005978	0,031694	1,175	96,52	90,36	93,51
150	0,017605	0,032200	2,114	89,75	90,20	92,07

Kondisi proses:

- Waktu pelarutan = 2 jam
 - Konsumsi H₂SO = 200 ml/100 gram
 - Suhu pelarutan divariansi = (70, 90, 110, 130, 150) °C
- Menentukan konsumsi H₂SO₄ optimum terhadap rekoveri pelarutan U, Th dan RE pada residu hasil pelarutan parsial

Berat unsur dalam umpan = U : 0,1920 gr, Th : 1,1564 gr, dan RE₂O₃ : 29,6800 gr

Tabel 6. Pengaruh konsumsi H₂SO₄ terhadap rekoveri pelarutan U,Th,RE

Konsumsi H ₂ SO ₄ (ml)	Berat unsur dalam Residu pelarutan total (gr)			Rekoveri Pelarutan Total (%)		
	U	Th	RE ₂ O ₃	U	Th	RE ₂ O ₃
50	0,0344	0,0775	5,7845	82,07	93,30	80,51
100	0,0148	0,0343	1,9872	92,30	97,15	93,46
150	0,0176	0,0322	2,1140	90,83	97,28	92,87
200	0,0149	0,0273	1,8564	92,25	97,63	93,74
250	0,0126	0,0300	1,6080	93,44	97,40	94,58

Kondisi proses :

- a. waktu pelarutan = 2 jam
- b. Suhu pelarutan = 150 °C
- c. Konsumsi H₂SO divariasasi = (50, 100, 150, 200, 250) ml/100 gram

Semakin lama waktu pelarutan, maka semakin sempurna kontak antara pelarut dengan padatan, dalam hal ini RE, U, dan Th. Namun pada kondisi tertentu, dicapai titik optimum dimana penambahan waktu tidak lagi efisien terhadap peningkatan rekoveri. Hal ini terlihat pada tabel 4, rekoveri pelarutan meningkat hingga waktu pelarutan 2 jam, setelah itu penambahan waktu tidak memberikan peningkatan rekoveri yang signifikan dan cenderung menurun.

Kelarutan merupakan sistem kesetimbangan dinamik, dimana pada titik kesetimbangan laju pelarutan akan sama dengan laju pengendapan^[10]. Kaitannya dengan penurunan rekoveri, besar kemungkinan kondisi sistem telah melampaui titik kesetimbangan, sehingga kelarutan RE, U, dan Th akan menurun.

Pelarutan merupakan proses kinetik^[10], sehingga berlaku persamaan Arrhenius, yaitu:

$$k = A \cdot e^{-\frac{E}{RT}}$$

Sesuai persamaan tersebut, maka suhu (T) yang tinggi akan meningkatkan nilai konstanta kecepatan reaksi (k). Dari tabel 2 terlihat bahwa dengan waktu pelarutan yang konstan, rekoveri meningkat seiring meningkatnya suhu pelarutan.

Dari data hasil pelarutan parameter suhu diperoleh kondisi optimal yaitu 130°C, karena suhu di atas 130°C menunjukkan kecenderungan rekoveri menurun. Hal ini mungkin terjadi karena teruapkannya reagen sebelum proses pelarutan selesai dengan sempurna.

Dari tabel 3 terlihat bahwa semakin banyak reagen ditambahkan, maka semakin banyak pula RE, U, dan Th yang berikatan dengan sulfat. Begitu juga sebaliknya, semakin kecil jumlah reagen H₂SO₄ yang ditambahkan, akan semakin sedikit RE, U, dan Th yang terlarut dikarenakan tidak sempurnanya reaksi. Konsumsi H₂SO₄ optimal diperoleh pada perbandingan 100 ml H₂SO₄ / 100 gram umpan.

Sesuai persamaan tersebut, maka suhu (T) yang tinggi akan meningkatkan nilai konstanta kecepatan reaksi (k). Dari tabel 5 terlihat bahwa dengan waktu pelarutan yang konstan, rekoveri meningkat seiring meningkatnya suhu pelarutan.

Dari data hasil pelarutan parameter suhu diperoleh kondisi optimal yaitu 130°C, karena suhu di atas 130°C menunjukkan kecenderungan rekoveri menurun. Hal ini mungkin terjadi karena teruapkannya reagen sebelum proses pelarutan selesai dengan sempurna.

Dari tabel 6 terlihat bahwa semakin banyak reagen ditambahkan, maka semakin banyak pula RE, U, dan Th yang berikatan dengan sulfat. Begitu juga sebaliknya, semakin kecil jumlah reagen H₂SO₄ yang ditambahkan, akan semakin sedikit RE, U, dan Th yang terlarut dikarenakan tidak sempurnanya reaksi. Konsumsi H₂SO₄ optimal diperoleh pada perbandingan 100 ml H₂SO₄ / 100 gram umpan.

KESIMPULAN

Pada penentuan kondisi pelarutan residu hasil pelarutan parsial monasit Bangka dengan reagen H₂SO₄ didapat kondisi optimal: waktu pelarutan 2 jam, suhu 130°C dengan konsumsi H₂SO₄ 100 ml/100 gram umpan basah dengan rekoveri masing- masing unsur adalah U = 92,30 %, Th = 97,15 % RE = 93,46 %.

SARAN

Sebaiknya ada penelitian lanjutan yaitu memisahkan RE dari U dan Th filtrat hasil pelarutan RE dengan cara ekstraksi dengan reagen alamine

DAFTAR PUSTAKA

1. SUSILANINGTYAS, ERNI R.A, HAFNI LN, FAISAL R, “Pengolahan Monasit Bangka menjadi konsentrat tanah jarang hidroksida”, Seminar Nasional Pranata Nuklir II, Jakarta 11-12 Oktober 1999.
2. HAFNI L.N., SOROT S., B. SOETOPO, “Peningkatan Efisiensi Produksi Rare Earth Bebas Zat Radioaktif Dari Hasil Samping Penambangan Timah”, PPGN- BATAN, 2009
3. FAIZAL RIZA “Dekomposisi Basa Dan Disolusi Bijih Uranium Rirang”, Eksplorium, No 113/XX/98, ISSN 0854-1418
4. KURNIA T., RIESNA P., SUMARNI, RUDI P., “Pemisahan Uranium dari Thorium pada Monasit dengan Metode Ekstraksi Pelarut Alamine”, Eksplorium, Volume XXXII No.155, Mei 2011
5. H. PERRY, “Perry’s Chemical Engineers’ Handbook”, 7th ed, Table 2-1, The McGraw-Hill Companies, Inc., 1997
6. Kosim Affandi, Sri Sudaryanto, Imam Hamzah “Penentuan Sifat-Sifat Fisik Bijih Rirang Dan Pengolahan Pendahuluannya”, Laporan Penelitian Tahun 1992 PPBGN/TPB/004/92
7. CUTHBERT.FL.” Thorium Production Technology”. Addison Wesley Publishing Company, Inc USA(1958)
8. ERNI R.A, SUSILANINGTYAS,WIDOWATI,TUKARDI, “Pelarutan RE Hidroksida Hasil Dekomposisi Monasit Hasil Samping Penambangan Timah Secara Bertingkat”, Seminar IPTEK Nuklir Dan Pengelolaan Sumber Daya Tambang, PPBGN- Batan, Jakarta (2002).7.
9. SUMARNI, WIDOWATI, TUKARDI, TARJUDIN ” Pengolahan Monasit Bangka: Pemisahan Uranium Dari Residu Pelarutan RE ”, Eksplorium, No 134/XXV/2004, ISSN 0854-1418 (desember 2004)
10. <http://en.wikipedia/wiki/Solvation>, 20 September 2011.

UCAPAN TERIMA KASIH

1. Kepala bidang G & BGN – PPGN – BATAN yang telah memberi kesempatan saya dan teman – teman untuk melakukan penelitian di Bidang Geologi dan Bahan Galian Nuklir
2. Teman – teman peneliti yang telah membantu dalam penelitian dan pembuatan makalah

*Penentuan Kondisi Pelarutan Residu dari Hasil Pelarutan Parsial Monasit Bangka.
Oleh: Sumarni, Riesna Prasanti, Kurnia Trinopiawan, Rusydi. S, Hafni Lissa N.*
