

**DIGESTI MONASIT BANGKA DENGAN ASAM SULFAT****Riesna Prassanti**

Pusat Pengembangan Geologi Nuklir, Badan Tenaga Nuklir Nasional

Jalan Lebak Bulus Raya No. 9 Jakarta Selatan, Indonesia

Email : [riesna@batan.go.id](mailto:riesna@batan.go.id)

Masuk: 17 Februari 2012

Revisi: 21 Maret 2012

Diterima: 2 Mei 2012

**ABSTRAK**

**DIGESTI MONASIT BANGKA DENGAN ASAM SULFAT.** Teknologi pengolahan monasit Bangka metode basa telah dikuasai oleh PPGN BATAN dengan produk berupa RE (*Rare Earth*) yang mengandung U < 2 ppm dan Th 12 – 16 ppm. Untuk itu sebagai pembandingan telah dilakukan penelitian pengolahan monasit Bangka metode asam dengan cara digesti menggunakan asam sulfat. Tujuan dari penelitian ini adalah mencari kondisi optimal digesti monasit Bangka menggunakan asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), di mana pada kondisi tersebut unsur – unsur yang terkandung dalam monasit Bangka yaitu : U, Th, RE, PO<sub>4</sub> diharapkan terlarut sebanyak mungkin. Parameter yang digunakan meliputi ukuran bijih monasit, konsumsi asam sulfat (perbandingan berat bijih : asam sulfat), suhu digesti, waktu digesti dan konsumsi air pencuci. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi optimal digesti adalah pada ukuran bijih monasit -250+325 mesh, perbandingan berat bijih : asam sulfat = 1 : 2,5, suhu digesti 190 °C, waktu digesti 3 jam dan konsumsi pencuci 8 kali berat umpan monasit dengan rekoverti terdigesti U = 99,90 %, Th = 99,44 %, RE = 99,54 % dan PO<sub>4</sub> = 99,88 %.

**Kata kunci:** digesti, monasit, asam sulfat, Bangka.

**ABSTRACT**

**DIGESTION OF BANGKA MONAZITE WITH SULFURIC ACID.** Technology of Bangka monazite processing with alkaline method has been mastered by PPGN BATAN with the product in the form of RE (Rare Earth) which is contain U < 2 ppm and Th 12 – 16 ppm. Hence, as comparator, the research of Bangka monazite processing with acid method using sulfuric acid has been done. The aim of this research is to obtain the optimal condition of Bangka monazite's digestion using sulfuric acid so that all elements contained in the monazite that are U, Th, RE, PO<sub>4</sub> dissolved as much as possible. The research parameter's are monazite particle's size, sulfuric acid consumption (weight ratio of monazite ore : sulfuric acid), digestion temperature, digestion time and consumption of wash water. The results showed that the optimal conditions of digestion are - 250+325 mesh of monazite particle's size, 1 : 2.5 of weight ratio of monazite ore : sulfuric acid, 190°C of digestion temperature, 3 hours of digestion time and 8 times of weight monazite's feed of wash water with the recovery of digested U = 99.90 %, Th = 99.44 %, RE = 98.64 % dan PO<sub>4</sub> = 99.88 %.

**Key words:** digestion, monazite, sulfuric acid, Bangka.

**PENDAHULUAN****Latar Belakang**

Monasit merupakan mineral radioaktif sebagai hasil samping kegiatan penambangan timah yang tersusun dari unsur – unsur U, Th, RE, PO<sub>4</sub>. Masing-masing unsur tersebut mempunyai nilai

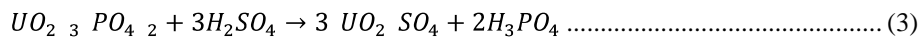
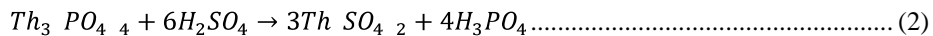
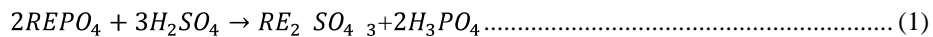
ekonomis dan strategis sehingga harus dipisahkan. Uranium (U) dan Thorium (Th) digunakan sebagai bahan bakar nuklir, RE (*Rare Earth*) digunakan sebagai bahan baku dalam industri nuklir, elektronika dan otomotif sedangkan PO<sub>4</sub> (pospat) digunakan sebagai bahan baku pembuatan pupuk kimia<sup>[1]</sup>. Kandungan unsur – unsur U, Th, RE, PO<sub>4</sub> dalam bijih monasit Bangka cukup tinggi yaitu U : 1500 – 3000 ppm, Th : 2,5 – 3,6 %, RE : 50 – 67 % dan PO<sub>4</sub> : 18 – 30 %<sup>[2]</sup>.

Pengambilan unsur–unsur tersebut dari bijih monasit dapat dilakukan dengan 4 metode yaitu: Metode basa menggunakan natrium hidroksida (NaOH), Metode asam menggunakan asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), klorinasi dengan adanya karbon dan reduksi suhu tinggi dengan karbon<sup>[3]</sup>. Teknologi pengolahan monasit Bangka dengan metode basa menggunakan NaOH telah dikuasai oleh PPGN BATAN melalui tahapan proses dekomposisi, pelarutan parsial pH 3,7, pengendapan U, Th pH 6,3 dan pengendapan RE pH 9,8. Dari proses tersebut diperoleh produk RE(OH)<sub>3</sub> yang mengandung U < 2 ppm dan Th 12 – 16 ppm dengan rekovery RE 58 – 65 %<sup>[1]</sup>. Oleh karena itu sebagai pembanding untuk pemilihan proses yang paling sesuai terhadap monasit Bangka, dilakukan penelitian pengolahan monasit Bangka dengan metode asam menggunakan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> melalui Usulan Kegiatan Penunjang Penelitian (UKPP) dengan nomor dokumen PPGN/02/K/02/2011.

### **Teori**

Proses digesti adalah proses penghancuran dan pelarutan suatu padatan secara kimia menjadi komponen-komponen halus yang mudah dipisahkan unsur-unsurnya<sup>[12]</sup>. Pengolahan monasit dengan metode asam bisa dilakukan dengan asam sulfat, asam nitrat dan asam perklorat<sup>[4]</sup>. Akan tetapi yang biasa digunakan adalah asam sulfat karena harganya relatif murah dan prosesnya lebih sederhana dibandingkan jika menggunakan asam nitrat atau asam perklorat<sup>[5]</sup>. Monasit bereaksi dengan asam sulfat pada suhu di atas 150°C dan harus dijaga agar tidak lebih dari 300°C karena pada suhu 300°C atau lebih akan terbentuk senyawa thorium pirofosfat yang tidak terlarut. Asam sulfat yang digunakan juga harus berlebih agar reaksi berjalan sempurna. Selain kedua faktor di atas, kecepatan dan kesempurnaan reaksi antara monasit dengan asam sulfat juga ditentukan oleh ukuran partikel bijih monasit dan waktu digesti<sup>[6]</sup>. Ukuran partikel pasir monasit hasil samping penambangan timah masih terlalu besar sehingga harus digerus dahulu menggunakan *ball mill* untuk mendapatkan ukuran partikel yang lebih halus.

Pasir monasit didigesti dengan sejumlah asam sulfat pekat berlebih selama 2 – 5 jam dengan suhu 150 – 230 °C yang bertujuan agar semua unsur yang terkandung dalam pasir monasit larut dalam air sehingga dapat dengan mudah dipisahkan dari pasir yang tidak terdigesti dengan pengenceran dan penyaringan<sup>[6]</sup>. Larutan hasil digesti wujud fisiknya sangat kental sehingga tidak bisa langsung disaring tetapi harus diencerkan dulu dengan menggunakan air panas. Penggunaan air panas di sini karena larutan sulfat hasil digesti yang masih agak panas akan mendidih dan meletup – letup jika ditambah air dingin. Setelah pengenceran selesai dan larutan menjadi dingin dengan suhu 40 °C, larutan disaring dan dicuci menggunakan air dingin karena RE sulfat lebih mudah larut dalam suhu rendah<sup>[6]</sup>. Reaksi kimia yang terjadi selama digesti adalah sebagai berikut<sup>[6]</sup>:



Pada penelitian Susilaningtyas<sup>[7]</sup> dengan ukuran bijih monasit -200 mesh, perbandingan berat bijih:asam = 1:2,5, suhu 175°C, waktu 4 jam dan konsumsi air pencuci 10 kali berat umpan monasit diperoleh rekovery terdigesti U = 98,9 %, Th = 98 % dan RE = 99 %. Akan tetapi

parameter yang diteliti hanya suhu dan konsumsi asam sulfat sedangkan ukuran bijih, waktu dan konsumsi air pencuci tidak diteliti sehingga diperlukan penelitian lanjutan untuk menentukan kondisi optimal digesti. Oleh karena itu pada penelitian ini dilakukan digesti dengan parameter ukuran bijih monasit, konsumsi asam sulfat, suhu digesti, waktu digesti dan konsumsi air pencuci sehingga unsur U, Th, RE, PO<sub>4</sub> terlarut sebanyak mungkin.

**Tujuan**

Tujuan penelitian ini adalah mencari kondisi optimal digesti monasit Bangka menggunakan asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).

**TATA KERJA**

**Bahan** : monasit Bangka, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat, air panas, air suhu kamar dan bahan kimia analisis.

**Alat** : *ball mill*, ayakan, peralatan gelas (gelas beker, gelas ukur, gelas arloji, batang pengaduk), pemanas (*hot plate*), motor pengaduk, termometer, vakum filter, timbangan, *oven*.

**Tata Kerja:**

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Pengolahan Bahan Galian Nuklir PPGN-BATAN dari bulan Maret – Agustus 2011. Bahan utama monasit didatangkan dari daerah Muntok di Pulau Bangka.

Prosedur pelaksanaan penelitian adalah sebagai berikut :

**1. Preparasi Bijih**

Bijih monasit Bangka yang masih berbentuk pasir kasar digerus menggunakan ball mill kemudian diayak hingga diperoleh variasi ukuran bijih -48+65 mesh, -65+100 mesh, -100+150 mesh, -150+200 mesh, -200+250 mesh, -250+325 mesh dan -325 mesh. Masing-masing ukuran bijih diambil contoh untuk dianalisis kadar U, Th, RE dan PO<sub>4</sub> serta ditimbang masing-masing seberat 200 gram untuk digunakan dalam proses digesti.

**2. Proses Digesti****a. Menentukan ukuran bijih monasit**

Peralatan digesti yang terdiri dari motor pengaduk, gelas beker dan alat pemanas dirangkai sedemikian rupa sehingga siap untuk digunakan. Alat pemanas dan motor pengaduk dinyalakan kemudian asam sulfat seberat 2,5 kali berat umpan monasit atau setara dengan 271 ml asam sulfat dimasukkan ke dalam gelas beker. Selanjutnya bijih monasit ukuran -48+65 mesh seberat 200 gram juga dimasukkan ke dalam gelas beker. Digesti dilakukan pada suhu 170°C selama 2 jam. Setelah 2 jam alat pemanas dan motor pengaduk dimatikan dan larutan hasil digesti didiamkan 10 menit supaya agak dingin. Langkah berikutnya larutan hasil digesti yang sudah agak dingin tersebut diencerkan dengan air panas suhu 100°C sebanyak 1000 ml (5 kali berat umpan monasit) untuk memudahkan dalam penyaringan. Pengenceran dilakukan sedikit demi sedikit sambil diaduk perlahan karena larutan asam sulfat ditambah dengan air menghasilkan efek meletup-letup seperti mendidih. Larutan yang sudah diencerkan didiamkan sampai suhu 40°C kemudian disaring. Selanjutnya residu hasil penyaringan dicuci dengan jumlah air pencuci 3 kali berat umpan bijih monasit (total dengan air pengencer = 8 kali berat umpan monasit). Residu yang sudah dicuci dikeringkan dalam oven sampai beratnya stabil. Setelah itu residu dihaluskan dan diambil sampel untuk

dianalisis kadar U, Th, RE dan PO<sub>4</sub>. Langkah-langkah kerja ini juga dilakukan pada variasi ukuran bijih yang lain. Data hasil analisis sampel diolah dengan rumus perhitungan rekoverti sehingga diperoleh ukuran bijih monasit yang optimal untuk digesti.

b. Menentukan konsumsi asam sulfat

Dilakukan digesti dengan kondisi terbaik dari percobaan (a). Konsumsi asam sulfat divariasikan dengan perbandingan **berat bijih : asam sulfat** = 1:2; 1:2,5; 1:3; 1:3,5; 1:4; 1:4,5 dan 1:5. Data hasil analisis sampel diolah dengan rumus perhitungan rekoverti sehingga diperoleh konsumsi asam sulfat yang paling optimal untuk digesti.

c. Menentukan suhu digesti

Dilakukan digesti dengan kondisi terbaik dari percobaan (a) dan (b). Suhu digesti divariasikan dari 130°C, 140°C, 150°C, 160°C, 170°C, 180°C, 190°C, 200°C dan 210°C. Data hasil analisis sampel diolah dengan rumus perhitungan rekoverti sehingga diperoleh suhu yang optimal untuk digesti.

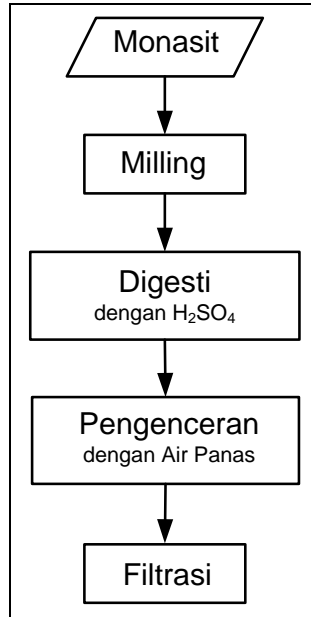
d. Menentukan waktu digesti

Dilakukan digesti dengan kondisi terbaik dari percobaan (a), (b) dan (c). Waktu digesti divariasikan dari 0,5 jam, 1 jam, 1,5 jam, 2 jam, 2,5 jam, 3 jam, 3,5 jam dan 4 jam. Data hasil analisis sampel diolah dengan rumus perhitungan rekoverti sehingga diperoleh waktu yang optimal untuk digesti.

e. Menentukan konsumsi air pencuci

Dilakukan digesti dengan kondisi terbaik dari percobaan (a), (b), (c) dan (d). Konsumsi air pencuci divariasikan mulai dari dicuci 5 kali, 6 kali, 7 kali, 8 kali, 9 kali, 10 kali, 11 kali, 12 kali, 13 kali, 14 kali, 15 kali dan 16 kali. Data hasil analisis sampel diolah dengan rumus perhitungan rekoverti sehingga diperoleh konsumsi air pencuci yang optimal untuk digesti.

Berikut ini adalah gambar blok diagram proses digesti :



**Gambar 1.** Blok Diagram Proses Digesti



(a)

(b)



(c)

(d)



(e)

**Keterangan:**

- a. Biji monasit
- b. Proses digesti
- c. Proses penyaringan
- d. Residu digesti
- e. Filtrat digesti

**Gambar 2.** Proses digesti monasit Bangka dengan asam sulfat

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil

Data hasil analisis monasit umpan digesti dan sampel residu hasil digesti yang disajikan dalam berbagai parameter dapat dilihat dalam Tabel 1 – 6 berikut:

#### 1. Parameter ukuran bijih

Kadar unsur U, Th, RE, PO<sub>4</sub> dalam umpan monasit dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Hasil Analisis Unsur Monasit Umpan Digesti Parameter Ukuran Bijih

Ukuran Bijih (mesh)	Kadar Unsur Monasit			
	U (ppm)	Th (%)	RE <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	PO <sub>4</sub> (%)
-48 +65	1972,5	3,345	54,8	20,68
-65+100	2144,0	3,283	57,7	19,57
-100+150	2325,5	3,486	57,2	21,33
-150+200	2126,0	3,327	65,3	23,25
-200+250	2340,0	3,365	64,8	19,95
-250+325	2442,5	3,598	63,8	23,31
-325	2054,0	3,275	59,5	20,85

Berat residu kering hasil digesti parameter ukuran bijih dan kadar unsur U, Th, RE, PO<sub>4</sub> seperti terlihat pada **Tabel 2**.

**Tabel 2.** Hasil Analisis Unsur Residu Digesti Parameter Ukuran Bijih

Ukuran Bijih (mesh)	Berat Residu Kering (gram)	Kadar Unsur Residu			
		U (ppm)	Th (%)	RE <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	PO <sub>4</sub> (%)
-48+65	71,08	1309,5	1,857	41,6	3,494
-65+100	67,97	1185,0	1,698	42,5	2,810
-100+150	64,93	947,5	1,646	43,7	2,728
-150+200	55,73	1114,0	1,326	42,8	1,382
-200+250	48,15	875,0	1,204	42,3	1,073
-250+325	41,53	617,0	1,002	41,4	0,964
-325	39,62	685,0	0,981	40,9	0,938

#### 2. Parameter konsumsi asam sulfat

Kadar monasit umpan digesti parameter konsumsi asam sulfat: U= 2103,5 ppm; Th= 3,692 %; RE<sub>2</sub>O<sub>3</sub>= 67,20 %; PO<sub>4</sub>= 24,62 %.

**Tabel 3.** Hasil Analisis Unsur Residu Digesti Parameter Konsumsi Asam Sulfat

Berat Bijih : Asam Sulfat	Berat Residu Kering (gram)	Kadar Unsur Residu			
		U (ppm)	Th (%)	RE <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	PO <sub>4</sub> (%)
1 : 2	42,08	975,5	1,249	43,42	1,23
1 : 2,5	41,53	617,0	1,002	41,40	0,96
1 : 3	38,54	627,5	0,997	46,05	1,18
1 : 3,5	34,68	589,0	1,167	51,86	1,21
1 : 4	32,76	538,5	1,133	54,57	1,11
1 : 4,5	31,39	564,0	1,130	56,76	0,87
1 : 5	31,30	543,0	1,117	56,97	0,75

## 3. Parameter suhu

Kadar monasit umpan digesti parameter suhu : U= 2124,0 ppm; Th= 3,375 %; RE<sub>2</sub>O<sub>3</sub>= 69,40 %; PO<sub>4</sub>= 24,28 %.

**Tabel 4.** Hasil Analisis Unsur Residu Digesti Parameter Suhu

Suhu (°C)	Berat Residu Kering (gram)	Kadar Unsur Residu			
		U (ppm)	Th (%)	RE <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	PO <sub>4</sub> (%)
130	80,06	1615,5	1,7250	56,30	12,540
140	66,80	1480,0	1,3825	46,90	7,950
150	63,19	1245,5	1,1638	47,00	4,890
160	46,12	1176,5	1,0780	45,70	6,890
170	41,53	617,0	1,0020	41,40	0,964
180	37,31	318,5	0,6572	46,40	0,946
190	32,95	54,5	0,3754	42,00	0,846
200	34,52	45,0	0,4514	45,40	0,774
210	35,92	38,0	0,5568	45,80	0,705

## 4. Parameter waktu

Kadar monasit umpan digesti parameter waktu: U=268 ppm; Th=2,085%; RE<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 63,40%; PO<sub>4</sub> = 21,47%.

**Tabel 5.** Hasil Analisis Unsur Residu Digesti Parameter Waktu

Waktu (jam)	Berat Residu Kering (gram)	Kadar Unsur Residu			
		U (ppm)	Th (%)	RE <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	PO <sub>4</sub> (%)
0,5	86,34	347,50	1,065	43,70	2,2800
1	79,27	110,30	0,895	33,45	1,4540
1,5	59,10	74,00	0,643	27,30	0,9935
2	32,95	54,50	0,375	42,00	0,8460
2,5	25,79	58,75	0,215	19,80	0,6020
3	12,66	37,50	0,185	4,65	0,4225
3,5	11,42	37,50	0,172	4,90	0,3975
4	9,48	35,25	0,161	5,20	0,6095

## 5. Parameter konsumsi air pencuci

Kadar monasit umpan digesti parameter konsumsi air pencuci: U = 2268 ppm; Th = 2,085 %; RE<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 63,40 %; PO<sub>4</sub> = 21,47 %. Untuk parameter konsumsi air pencuci, yang dianalisis adalah filtrat digesti dan hasil yang diperoleh dapat dilihat dalam Tabel 6.

**Tabel 6.** Hasil Analisis Unsur Filtrat Digesti Parameter Konsumsi Air Pencuci

Pencuci ( x 200 ml )	Kadar Unsur Filtrat			
	U (ppm)	Th (ppm)	RE <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (mg/ml)	PO <sub>4</sub> (mg/ml)
5	395,600	3541	68,46	40,680
6	186,800	1314	99,75	4,570
7	48,570	843,90	121,65	3,750
8	34,270	869,50	67,36	2,670
9	0,537	25,28	1,10	0,094
10	0,428	12,95	0,98	0,052
11	0,468	15,95	0,65	0,025
12	0,268	20,78	0,15	0,031
13	0,145	17,46	0	0,028
14	0,168	4,64	0	0
15	0,042	5,49	0	0
16	0,018	1,86	0	0

Berat residu kering hasil digesti parameter konsumsi air pencuci sampai dengan pencuci ke – 16 (3200 ml) adalah 12,24 gram.

**Pembahasan**

Rekoveri unsur U, Th, RE, PO<sub>4</sub> yang terdigesti dihitung dengan rumus berikut :

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

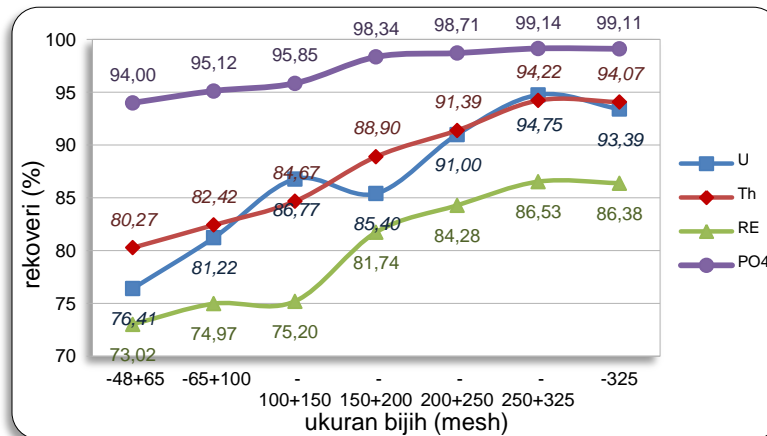
1. Parameter ukuran bijih

Menentukan kandungan unsur U, Th, RE, PO<sub>4</sub> dalam monasit umpan dan residu hasil digesti parameter ukuran bijih seperti terlihat pada Tabel 7.

**Tabel 7.** Kandungan unsur-unsur residu digesti parameter ukuran bijih.

Ukuran Bijih (mesh)	Berat Umpan (gram)				Berat Residu (gram)			
	U	Th	RE <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	PO <sub>4</sub>	U	Th	RE <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	PO <sub>4</sub>
-48+65	0,39	6,69	109,6	41,36	0,09	1,32	29,57	2,48
-65+100	0,43	6,57	115,4	39,14	0,08	1,15	28,89	1,91
-100+150	0,47	6,97	114,4	42,66	0,06	1,07	28,38	1,77
-150+200	0,43	6,65	130,6	46,50	0,06	0,74	23,85	0,77
-200+250	0,47	6,73	129,6	39,90	0,04	0,58	20,37	0,52
-250+325	0,49	7,20	127,6	46,62	0,03	0,42	17,19	0,40
-325	0,41	6,55	119,0	41,70	0,03	0,39	16,21	0,37

Kondisi tetap yang diambil adalah : berat umpan monasit 200 gram, perbandingan berat bijih : asam sulfat = 1 : 2,5, suhu digesti 170°C, waktu digesti 2 jam dan konsumsi air pencuci 8 kali berat umpan monasit. Rekoveri yang diperoleh dapat dilihat dalam Gambar 3.



**Gambar 3.** Grafik hubungan antara ukuran bijih monasit terhadap rekoveri U, Th, RE, PO<sub>4</sub>.

Dari Gambar 3 terlihat bahwa semakin halus ukuran bijih maka rekoveri U, Th, RE, PO<sub>4</sub> yang terdigesti semakin besar. Hal ini disebabkan pada ukuran bijih yang lebih halus, luas



permukaan bijih yang bereaksi semakin luas sehingga semakin banyak pula partikel yang saling bertumbukan. Tumbukan ini mengakibatkan reaksi digesti berlangsung lebih cepat dan lebih sempurna sehingga rekoveri U, Th, RE, PO<sub>4</sub> yang terdigesti semakin besar<sup>[8]</sup>. Akan tetapi pada ukuran bijih yang lebih halus lagi yaitu -325 mesh, rekoveri U, Th, RE, PO<sub>4</sub> yang terdigesti mengalami penurunan. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh unsur-unsur pengotor yang ikut bereaksi dengan asam sulfat pada ukuran bijih yang sangat halus sehingga menurunkan rekoveri U, Th, RE, PO<sub>4</sub> yang terdigesti. Berdasarkan hasil yang diperoleh, diambil ukuran bijih -250+325 mesh sebagai ukuran bijih monasit yang optimal dengan persentase rekoveri terdigesti U = 94,75 %, Th = 94,22 %, RE = 86,53 % dan PO<sub>4</sub> = 99,14 %.

### 3. Parameter konsumsi asam sulfat

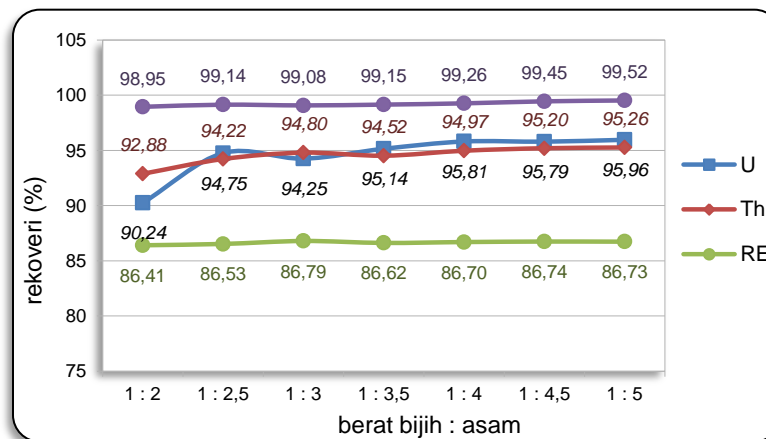
Berat unsur dalam umpan = U: 0,42 gram; Th: 7,38 gram; RE<sub>2</sub>O<sub>3</sub>: 134,4 gram; PO<sub>4</sub>: 49,24 gram.

Kondisi tetap yang diambil adalah : berat umpan monasit 200 gram, ukuran bijih monasit -250+325, suhu digesti 170 °C, waktu digesti 2 jam dan konsumsi air pencuci 8 kali berat umpan monasit. Rekoveri yang diperoleh dapat dilihat dalam Gambar 4.

Menentukan kandungan unsur U, Th, RE, PO<sub>4</sub> dalam residu hasil digesti parameter konsumsi asam sulfat seperti terlihat pada Tabel 8.

**Tabel 8.** Kandungan unsur-unsur residu hasil digesti parameter H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

Bijih : asam	Berat Residu (gram)			
	U	Th	RE <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	PO <sub>4</sub>
1 : 2	0,0410	0,526	18,27	0,52
1 : 2,5	0,0256	0,416	17,19	0,40
1 : 3	0,0242	0,384	17,75	0,45
1 : 3,5	0,0204	0,405	17,99	0,42
1 : 4	0,0176	0,371	17,88	0,36
1 : 4,5	0,0177	0,355	17,82	0,27
1 : 5	0,0170	0,350	17,83	0,23



**Gambar 4.** Grafik hubungan antara konsumsi asam sulfat terhadap rekoveri U, Th, RE, PO<sub>4</sub>

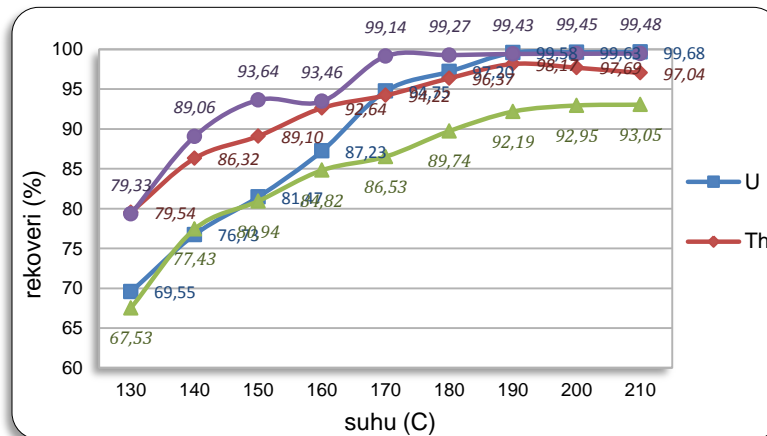
Dari Gambar 4 terlihat bahwa pada perbandingan bijih : asam sulfat = 1 : 2 sampai dengan 1:2,5, rekoveri U, Th, RE, PO<sub>4</sub> yang terdigesti mengalami peningkatan. Hal ini disebabkan konsentrasi asam sulfat yang tersedia semakin banyak sehingga molekul reaktan yang tersedia juga semakin banyak, dengan demikian tumbukan antar partikel yang terjadi semakin banyak yang mengakibatkan kecepatan reaksi meningkat dan rekoveri U, Th, RE, PO<sub>4</sub> yang terdigesti semakin besar<sup>[8]</sup>. Akan tetapi pada jumlah asam sulfat yang lebih besar lagi, rekoveri U, Th, RE, PO<sub>4</sub> yang terdigesti hanya mengalami sedikit peningkatan dan cenderung konstan. Hal ini disebabkan kelarutan U, Th, RE, PO<sub>4</sub> dalam asam sulfat telah mencapai keadaan setimbang sehingga rekoveri U, Th, RE, PO<sub>4</sub> tidak bertambah meskipun jumlah asam sulfatnya ditambah<sup>[9]</sup>. Selain itu asam sulfat yang berlebih akan bereaksi dengan unsur-unsur pengotor yang tidak larut dan menyebabkan larutan menjadi bentuk gel sehingga U, Th, RE, PO<sub>4</sub> yang sudah terlarut terbawa dalam gel dan mengendap bersama – sama residu<sup>[6]</sup>. Berdasarkan hasil yang diperoleh, diambil perbandingan berat bijih : asam sulfat = 1 : 2,5 sebagai konsumsi asam sulfat yang optimal dengan persentase rekoveri terdigesti U = 94,75 %, Th = 94,22 %, RE = 86,53 % dan PO<sub>4</sub> = 99,14 %.

4. Parameter suhu

Berat unsur dalam umpan: U= 0,42 gram; Th= 6,75 gram; RE<sub>2</sub>O<sub>3</sub>= 138,8 gram; PO<sub>4</sub>= 48,56 gram  
Menentukan kandungan unsur U, Th, RE, PO<sub>4</sub> dalam residu hasil digesti parameter suhu seperti terlihat pada Tabel 9.

**Tabel 9.** Kandungan unsur-unsur residu hasil digesti parameter suhu

Suhu (°C)	Berat Residu (gram)			
	U	Th	RE <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	PO <sub>4</sub>
130	0,129	1,38	45,07	10,04
140	0,099	0,92	31,33	5,31
150	0,079	0,74	26,45	3,09
160	0,054	0,50	21,07	3,18
170	0,026	0,42	17,19	0,40
180	0,012	0,25	14,24	0,35
190	0,002	0,12	10,84	0,28
200	0,002	0,16	9,78	0,27
210	0,001	0,20	9,64	0,25



**Gambar 5.** Grafik hubungan antara suhu digesti terhadap rekoveri U, Th, RE, PO<sub>4</sub>.

Kondisi tetap yang diambil adalah : berat umpan monasit 200 gram, ukuran bijih monasit - 250+325, perbandingan berat bijih : asam sulfat = 1 : 2,5, waktu digesti 2 jam dan konsumsi air pencuci 8 kali berat umpan monasit. Rekoveri yang diperoleh dapat dilihat dalam Gambar 5.

Dari Gambar 5 terlihat bahwa semakin tinggi suhu maka rekoveri U, Th, RE, PO<sub>4</sub> yang terdigesti semakin besar, sampai pada suatu titik di mana rekoveri U, Th, RE, PO<sub>4</sub> yang terdigesti hanya mengalami sedikit kenaikan dan cenderung konstan meskipun suhunya dinaikkan. Hal ini disebabkan dengan kenaikan suhu akan menyediakan energi yang cukup bagi molekul reaktan untuk bergerak lebih cepat dan meningkatkan tumbukan antar partikel sehingga tumbukan yang terjadi semakin sering yang mengakibatkan laju reaksi semakin cepat dan rekoveri U, Th, RE, PO<sub>4</sub> yang terdigesti semakin besar<sup>[8]</sup>. Rekoveri U, Th, RE, PO<sub>4</sub> yang cenderung konstan setelah mencapai suhu tertentu disebabkan kelarutan U, Th, RE, PO<sub>4</sub> dalam asam sulfat telah mencapai keadaan setimbang sehingga rekoveri U, Th, RE, PO<sub>4</sub> tidak bertambah meskipun suhunya terus dinaikkan<sup>[9]</sup>. Berdasarkan hasil yang diperoleh, diambil suhu 190 °C sebagai suhu yang optimal dengan persentase rekoveri terdigesti U = 99,58%, Th = 98,17%, RE = 92,19% dan PO<sub>4</sub> = 99,43%.

##### 5. Parameter waktu

Berat unsur dalam umpan: U = 0,45 gram; Th = 4,17 gram; RE<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 126,8 gram; PO<sub>4</sub> = 42,93 gram.

Menentukan kandungan unsur U, Th, RE, PO<sub>4</sub> dalam residu hasil digesti parameter waktu seperti terlihat pada Tabel 10.

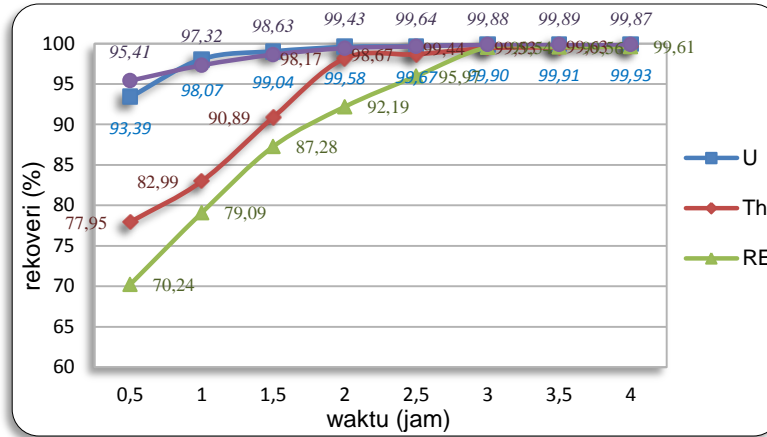
Tabel 10. Kandungan unsur-unsur residu hasil digesti parameter waktu

Waktu (jam)	Berat Residu (gram)			
	U	Th	RE <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	PO <sub>4</sub>
0,5	0,0300	0,920	37,732	1,969
1	0,0087	0,709	26,515	1,153
1,5	0,0044	0,380	16,135	0,587
2	0,0018	0,124	10,840	0,279
2,5	0,0015	0,055	5,106	0,155
3	0,0005	0,023	0,589	0,053
3,5	0,0004	0,020	0,559	0,045
4	0,0003	0,015	0,493	0,058

Kondisi tetap yang diambil adalah : berat umpan monasit 200 gram, ukuran bijih monasit - 250+325, perbandingan berat bijih : asam sulfat = 1 : 2,5, suhu digesti 190 °C dan konsumsi air pencuci 8 kali berat umpan monasit. Rekoveri yang diperoleh dapat dilihat dalam Gambar 6.

Dari Gambar 6 terlihat bahwa rekoveri U, Th, RE, PO<sub>4</sub> yang terdigesti semakin besar dengan bertambahnya waktu tetapi terlihat konstan setelah waktu 3 jam. Hal ini disebabkan dengan bertambahnya waktu digesti, semakin lama waktu kontak antara bijih monasit dengan asam sulfat sehingga reaksi terjadi lebih sempurna<sup>[10]</sup>. Akan tetapi setelah 3 jam kelarutan U, Th, RE, PO<sub>4</sub> dalam asam sulfat telah mencapai keadaan setimbang sehingga rekoveri U, Th, RE, PO<sub>4</sub> tidak bertambah meskipun waktunya terus ditambah. Selain itu dengan waktu digesti yang semakin lama akan bertambah lama pula terjadinya tumbukan antara butiran bijih dan juga tumbukan bijih dengan impeller pengaduk serta dinding bejana sehingga ukuran butir bijih monasit menjadi lebih halus<sup>[11]</sup>. Seperti pada pembahasan sebelumnya (parameter ukuran bijih), dengan ukuran bijih monasit yang sangat halus maka unsur – unsur pengotor akan bereaksi dengan asam sulfat sehingga menurunkan rekoveri U, Th, RE, PO<sub>4</sub> yang terdigesti. Berdasarkan hasil yang diperoleh, diambil waktu 3 jam sebagai waktu yang optimal dengan persentase rekoveri terdigesti U = 99,90 %, Th = 99,44 %, RE = 99,54 % dan PO<sub>4</sub> = 99,88 %.

*Digesti Monasit Bangka dengan Asam Sulfat.*  
*Oleh: Riesna Prassanti*



**Gambar 6.** Grafik hubungan antara waktu digesti terhadap rekoveri U, Th, RE, PO<sub>4</sub>.

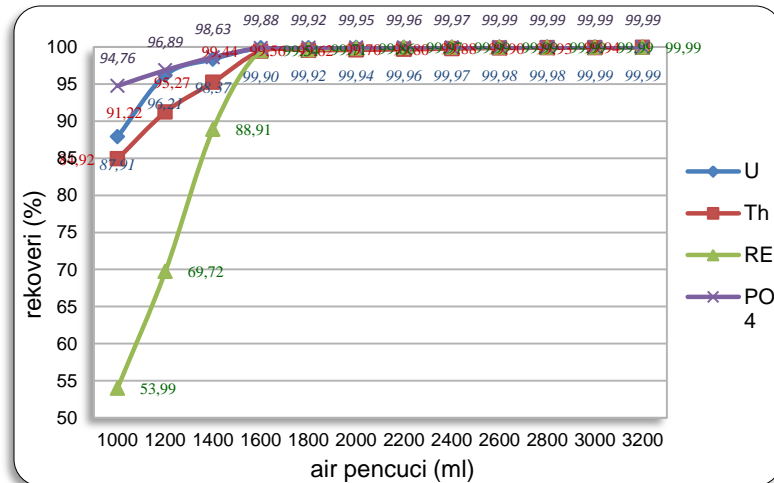
6. Parameter konsumsi air pencuci

Berat unsur dalam umpan: U = 0,45 gram; Th = 4,17 gram; RE<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 126,8 gram; PO<sub>4</sub> = 42,93 gram. Kondisi tetap yang diambil adalah berat umpan monasit 200 gram, ukuran bijih monasit -250+325, perbandingan berat bijih : asam sulfat = 1 : 2,5, suhu digesti 190°C dan waktu digesti 3 jam.

Menentukan kandungan unsur U, Th, RE, PO<sub>4</sub> dalam residu hasil digesti parameter konsumsi air pencuci seperti terlihat pada Tabel 11.

**Tabel 11.** Kandungan unsur-unsur residu hasil digesti parameter konsumsi air pencuci

Pencuci ( x 200 ml )	Berat Residu (gram)			
	U	Th	RE <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	PO <sub>4</sub>
5	0,054	0,629	58,340	2,250
6	0,017	0,366	38,390	1,336
7	0,007	0,197	14,060	0,586
8	0,0005	0,024	0,588	0,052
9	0,0004	0,018	0,368	0,033
10	0,0003	0,016	0,172	0,023
11	0,0002	0,013	0,042	0,018
12	0,0001	0,009	0,012	0,012
13	0,0001	0,005	0,012	0,006
14	0,0001	0,004	0,012	0,006
15	0,0001	0,003	0,012	0,006
16	0,0001	0,003	0,012	0,006



**Gambar 7.** Grafik hubungan antara konsumsi air pencuci terhadap rekoveri U, Th, RE, PO<sub>4</sub>

Dari Gambar 7 terlihat bahwa pada jumlah air pencuci 8 kali berat umpan monasit (1600 mL), unsur – unsur U, Th, RE, PO<sub>4</sub> sudah tercuci dengan sangat baik dengan rekoveri U = 99,90 %, Th = 99,44 %, RE = 99,54 % dan PO<sub>4</sub> = 99,88 %. Sedangkan sampai dengan pencucian 16 kali (3200 mL) rekoveri U, Th, RE, PO<sub>4</sub> yang diperoleh hanya meningkat sedikit sekali yaitu rekoveri U = 99,99 %, Th = 99,94 %, RE = 99,99 % dan PO<sub>4</sub> = 99,99 %. Oleh karena itu dengan pertimbangan faktor ekonomi, diambil konsumsi air pencuci 8 kali berat umpan monasit sebagai konsumsi air pencuci yang optimal untuk digesti dengan asam sulfat. Hasil tersebut menunjukkan bahwa dengan waktu digesti yang lebih pendek diperoleh peningkatan rekoveri terdigesti U, Th, RE sebesar 0,5 – 1,5 % dari penelitian sebelumnya.

## KESIMPULAN

Dari hasil penelitian diperoleh kondisi optimal digesti monasit Bangka dengan asam sulfat pada ukuran bijih monasit -250+325 mesh, perbandingan berat bijih : asam sulfat = 1 : 2,5, suhu digesti 190°C, waktu digesti 3 jam dan konsumsi air pencuci 8 kali berat umpan bijih monasit dengan rekoveri terdigesti U = 99,90 %, Th = 99,44 %, RE = 99,54 % dan PO<sub>4</sub> = 99,88 %.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada semua staf Kelompok Pengolahan Bahan Galian Nuklir yang telah membantu kelancaran pelaksanaan penelitian sampai terwujudnya makalah ini.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

1. HAFNI L.N., SOROT S., BAMBANG S., “Peningkatan Efisiensi Produksi Rare Earth Radioaktif dari Hasil Samping Penambangan Timah”, PPGN-BATAN, 2009.
2. KURNIA T., RIESNA P., SUMARNI, RUDI P., “Pemisahan Uranium dari Thorium pada Monasit dengan Metode Ekstraksi Pelarut Alamin”, *Eksplorium*, XXXII (155): 47 – 52, 2011.
3. CALLOW R.J., “The Industrial Chemistry of Lanthanons, Yttrium, Thorium and Uranium”, Pergamon Press, New York, 1965.
4. G.D. CALKINS, “Processing of Monazite Sand”, Paten Amerika Serikat No. US2815264, 1957.
5. J.W. CLEGG, D.D. Foley, “Uranium Ore Processing”, Addison-Wesley Publishing Company, Massachusetts, 1958.
6. F.L. CUTHBERT, “Thorium Production Technology”, Addison-Wesley Publishing Company, Massachusetts, 1958.
7. SUSILANINGTYAS, “Penentuan Kondisi Digesti Monasit dengan Asam Sulfat”, *Eksplorium*, 105 (XVIII) : 2 – 4, 1996.
8. K.A. CONNOR, “The Study of Reaction Rate in Solution”, VCH Publisher Inc, New York, 1990.
9. R.J. BORG, G.J. DIENES, “The Physical Chemistry of Solid”, Academic Press Inc, San Diego, 1992.
10. ERNI R.A., DKK, “Penentuan Kondisi Dekomposisi Optimal Bijih Uranium Rirang Kalan”, *Prosiding Seminar Geologi Nuklir dan Sumberdaya Tambang Tahun 2004 : 275 – 281*, Jakarta, 22 September 2004, PPGN BATAN, 2004.
11. SUSILANINGTYAS, ERNI R.A., GUSWITA A., “Pengolahan Monasit dari Limbah Penambangan Timah: Digesti dengan Cara Basa”, *Prosiding Seminar Pranata Nuklir dan Litkayasa PPBGN-BATAN Tahun 1998: 113 – 124*, Jakarta, 2 September 1998 : PPBGN BATAN, 1998.
12. ANTHEA M., HOPKINS J., WILLIAM C. Mc., JOHNSON S., WARNER M.Q., LAHART D., WRIGHT J.D., “HUMAN Biology and Health”, Englewood Cliffs, New Jersey, USA, 1993.