

## DESAIN AWAL *PILOT PLANT* PENGOLAHAN *TAILING* MONASIT MENJADI $\text{ThO}_2$ KAPASITAS 100 KG/HARI

Hafni Lissa Nuri  
Pusat Rekayasa Fasilitas Nuklir – BATAN,  
Gedung 71, Kawasan Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan 15310

### ABSTRAK

DESAIN AWAL *PILOT PLANT* PENGOLAHAN *TAILING* MONASIT MENJADI  $\text{ThO}_2$  KAPASITAS 100 KG/HARI. Telah dilakukan kegiatan desain *pilot plant* pengolahan *tailing* monasit menjadi  $\text{ThO}_2$  yang bertujuan untuk membuat dokumen desain *pilot plant* dengan ruang lingkup desain proses. Dokumen tersebut berisikan data *properties*, blok diagram proses, perhitungan peralatan proses, preliminary process flow diagram (PFD), preliminary P&ID dan plot plan. *Pilot plant* merupakan aplikasi data hasil laboratorium yang akan diimplementasikan ke skala industri. *Tailing* monasit (RE,U,Th)OH merupakan limbah pengolahan monasit (RE,U,Th)PO<sub>4</sub> yang telah diambil sebagian besar unsur tanah jarang nya (RE). Torium (Th) sebagai bahan radioaktif, digunakan sebagai bahan bakar nuklir pengganti uranium, dimana saat ini cadangan uranium semakin berkurang sementara cadangan torium 3-4 kali cadangan uranium dan belum diolah secara komersial. Keberadaan monasit di Indonesia cukup melimpah sekitar 1.5 milyar ton, saat ini monasit banyak dihasilkan dari pemisahan pasir timah oleh PT. Timah di Bangka Belitung. Kandungan torium di dalam pasir monasit sekitar 3-6 % dan sangat layak untuk diolah. Berdasarkan perhitungan neraca massa maka dengan mengolah 100 kg/hari *tailing* monasit akan diperoleh produk  $\text{ThO}_2$  sebanyak 2,3 kg/hari.

Kata kunci : *pilot plant*, *tailing* monasit, torium oksida

### ABSTRACT

A PRELIMINARY DESIGN OF *PILOT PLANT* FOR PROCESSING MONAZITE *TAILING* TO  $\text{ThO}_2$  CAPACITY 100 KG / DAY. Preliminary design activities have been conducted for *pilot plant* processing of monazite *tailings* to  $\text{ThO}_2$  which aims to create a *pilot plant* design document with the scope of the design process. The document contains a block diagram of the process, data *properties*, calculation of the main process equipment, preliminary process flow diagram (PFD), preliminary P & ID and plot plan. The *pilot plant* is application data of laboratory results to be implemented on an industrial scale. Monazite *tailings* (RE, U, Th) OH are residu from the processing of monazite (RE, U, Th) PO<sub>4</sub> that has been taken its PO<sub>4</sub> and most RE. Thorium (Th) as radioactive materials to be used as nuclear fuel instead of uranium which is now diminishing reserves, while the reserves of thorium 3-4 times reserves of uranium and have not been processed commercially. The existence of monazite in Indonesia is quite abundant around 1.5 billion tonnes, is currently a lot of monazite sand resulting from the separation of tin by PT. Tin in Bangka Belitung. The content of thorium in monazite sand is about 3-6% and very worthy to be processed. Based on the mass balance calculation process 100 kg / day of monazite *tailings* will be obtained  $\text{ThO}_2$  product as much as 2.3 kg / day.

Keywords: *pilot plant*, monazite *tailings*, thorium oxide

## 1. PENDAHULUAN

*Tailing* Monasit (U,Th,RE)OH adalah mineral radioaktif yang terdiri dari RE (unsur tanah jarang), U (uranium), Th (torium) yang diperoleh dari sisa pengolahan monasit (U,Th,RE)PO<sub>4</sub> yang telah diambil sebagian unsur RE dan PO<sub>4</sub> nya. Torium yang merupakan unsur radioaktif cukup besar kandungannya didalam *tailing* monasit tersebut sekitar 3-6%, digunakan sebagai bahan bakar nuklir untuk pengganti dikarenakan keberadaan tambang uranium di dunia sudah jauh berkurang sedangkan keberadaan Th jumlahnya mencapai 3-4 kali uranium<sup>[1]</sup>.

Indonesia mempunyai sumber daya alam monasit yang cukup besar, tetapi belum dioptimalkan atau diolah sampai sekarang. Menurut Kemenperin tahun 2014 di Pulau Bangka Belitung, Sumatera, Kalimantan Barat, Pulau Sula Bangga (Timur Sulawesi) dan Bagian Barat Papua dengan perkiraan potensi hingga 1,5 miliar ton bersama dengan mineral-mineral lain yaitu xenotim dan zircon<sup>[2]</sup>. Monasit tersebut mempunyai nilai ekonomis yang tinggi dan jika diolah akan meningkatkan kemandirian bangsa akan kebutuhan bahan dasar unsur-unsur tanah jarang sebagai bahan baku kebutuhan industri dan juga unsur radioaktif U dan Th sebagai bahan bakar nuklir.

*Pilot plant* merupakan langkah awal sebelum didirikannya pabrik dalam skala industri, dimana *pilot plant* merupakan implementasi data kondisi yang diperoleh dari skala laboratorium. Dari skala *pilot plant* akan diperoleh informasi perilaku sistem yang akan digunakan untuk mendesain skala besar dan menghindari kesalahan alat dan konstruksi.

Monasit di Indonesia sangat melimpah sehingga perlu didukung untuk segera mendirikan industri pengolahannya yang dapat mendukung kemandirian bangsa dalam industri dan energi dimana salah satunya produknya adalah  $\text{ThO}_2$ . Tahapan untuk mendirikan pabrik industri pengolahan monasit menjadi  $\text{ThO}_2$  adalah sebagai berikut<sup>[3]</sup>.

1. Melakukan pengembangan proses pengolahan skala laboratorium
2. Membuat *pilot plant* dengan data-data dari skala laboratorium
3. Menguji *pilot plant* sehingga diperoleh data *performance* proses dan alat
4. Menghitung keekonomian skala pabrik/industri
5. Membuat pabrik skala industri

*Pilot plant* pengolahan monasit menjadi  $\text{RE}_2\text{O}_3$  telah dibangun di daerah Tanjung Ular Mentok, Babel yang merupakan hasil kerjasama antara PTBGN dan PT. Timah dan telah komisioning. Tahun 2016 akan dibangun juga *pilot plant* pengolahan monasit menjadi  $\text{RE}_2\text{O}_3$  di PTBGN BATAN Pasar Jum'at yang akan menghasilkan produk RE,U dan Th. Apabila produk  $\text{ThO}_2$  sudah dibutuhkan sebagai bahan bakar reaktor maka perlu dimulai dengan pendirian *pilot plant*  $\text{ThO}_2$  yang dapat diintegrasikan pada *pilot plant* pengolahan monasit yang telah ada.

Desain awal *pilot plant*  $\text{ThO}_2$  dari *tailing* monasit dalam makalah ini untuk membuat dokumen yang berisi data *properties*, blok diagram, diagram alir kualitatif dan kuantitatif, hasil perhitungan alat, *preliminary PFD (process flow diagram)*, *preliminary P&ID* dan *plot plan*<sup>[5]</sup>. Data - data yang digunakan untuk desain diperoleh dari data - data sekunder pengolahan monasit dari Mesir dan data hasil pengolahan monasit Bangka yang dihasilkan dari laboratorium PTBGN <sup>[6][7][8]</sup>.

## 2. METODE/TATA KERJA RANCANGAN

Untuk melakukan kegiatan desain awal *pilot plant* pada pengolahan *tailing* monasit menjadi  $\text{ThO}_2$  maka ruang lingkup kegiatan diantaranya adalah<sup>[3][4]</sup> :

1. Mengumpulkan data *properties* (umpan, komponen dan produk)
2. Membuat blok diagram proses
3. Neraca massa dan energi
4. Menghitung peralatan utama
5. Membuat *preliminary PFD*
6. Membuat *preliminary P&ID* dan *plot plan*

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. DATA PROPERTIES

Untuk kegiatan desain maka dibutuhkan data *properties* diantaranya data komposisi *tailing* monasit sebagai bahan baku sebagai umpan (Tabel 1) dan spesifikasi

produk  $\text{ThO}_2$  (Tabel 2). Data tersebut digunakan sebagai pendukung untuk melakukan perhitungan neraca massa, energi dan alat utama yang didukung dengan adanya data lainnya seperti blok diagram proses pengolahan.

- a. Data *tailing* monasit sebagai umpan dengan kapasitas 100 kg/hari

Tabel 1. Komponen umpan *tailing* monasit setiap 100 kg <sup>[5][6]</sup>

No	Komponen	MW	Kg/hari	%W	Kmol/hari
1	RE(OH)3	192.78	34.641	0.346	0.180
2	Th(OH)4	300	3.800	0.038	0.013
3	UO2(OH)2	304.04	0.257	0.003	0.001
4	Fe2O3	159.96	1.971	0.020	0.012
5	SiO2	60.06	2.036	0.020	0.034
6	TiO2	79.870	1.938	0.0194	0.0243
7	ZrO2	123.220	4.874	0.0487	0.0396
8	Al2O3	101.960	0.967	0.0097	0.0095
9	MgO	40.3	0.060	0.001	0.001
10	CaO	56.08	0.036	0.000	0.001
11	Na2O	61.98	0.303	0.003	0.005
12	PbO	223.200	0.033	0.000	0.000
13	HfO2	210.500	0.066	0.001	0.000
14	SnO2	150.71	5.017	0.050	0.033
15	S	32.1	0.310	0.003	0.010
16	Cr2O3	152.000	0.110	0.001	0.001
17	Cl	35.500	0.030	0.000	0.001
18	Na3PO4	164.000	1.201	0.012	0.007
19	NaOH	40.000	0.374	0.004	0.009
20	HCl	36.500	6.800	0.068	0.186
21	H2O	18.000	35.176	0.352	1.954
	Jumlah		100.000		

- b. Spesifikasi Produk  $\text{ThO}_2$

Spesifikasi produk torium oksida yang ditulis pada Tabel 2 merupakan serbuk  $\text{ThO}_2$  yang telah diuji untuk dibuat sebagai bahan bakar nuklir.

Tabel 2. Spesifikasi produk  $\text{ThO}_2$ <sup>[1]</sup>

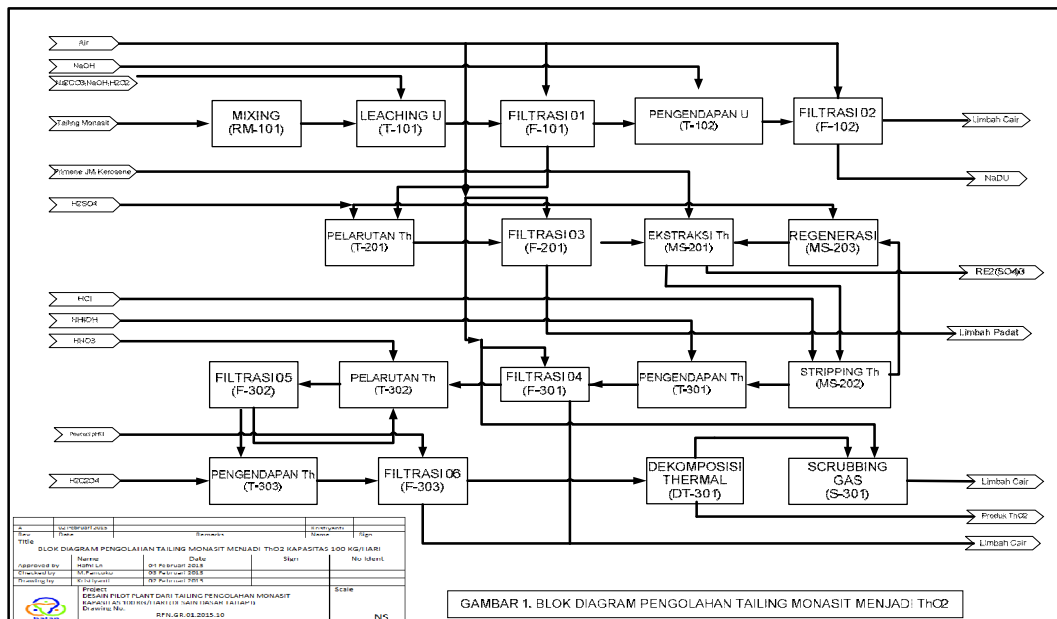
No	Sifat fisis	Keterangan	Satuan	Komposisi senyawa $\text{ThO}_2$			
				Th	Unsur pengotor, ppm		
1	BM	264.04	gmol/gr	min 87.42 %			
2	Bau	odorless		Unsur pengotor, ppm			
3	Jenis	white solid		Al	<50	Mn	<2.5
4	Densitas	10	gr/cm3	B	<0.25	Mo	5
5	MP	3390	oC	C	334	n	14
6	BP	4400	oC	Ca	170	Ni	<5
7	In Water	insoluble		Co	<2.5	Si	<50
				Cr	23	Ti	<2.5
				Cu	4	Hg	<5
				F	12	V	<2.58
				Fe	<25	Sn	
				Mg	15		

### 3.2. BLOK DIAGRAM PROSES

Blok diagram proses (Gambar 1) merupakan alur proses pengolahan *tailing* monasit menjadi  $\text{ThO}_2$  yang dibuat berdasarkan proses yang terjadi pada alat-alat utama dan digunakan sebagai dasar untuk membuat desain. Blok diagram tersebut merupakan ujung tombak dari langkah awal desain yang diperoleh dari berbagai data sekunder pengolahan monasit dari Mesir dan Batan [5][6][7]. Data-data dikumpulkan dan dikompilasi kemudian diintegrasikan dengan mempertimbangkan kondisi proses, jenis reagen yang digunakan, dan kemurnian produk yang dihasilkan untuk setiap alatnya.

Adapun tahapan prosesnya adalah sebagai berikut :

1. *Mixing* (RM-1011) adalah mencampur *tailing* monasit sebagai umpan sehingga diperoleh umpan yang homogen.
2. *Leaching* uranium (T-101) untuk mengambil U dengan menggunakan basa kuat pada suhu  $80^\circ\text{C}$  selama 2 jam, hasilnya disaring menggunakan *Filter-01* (F-101).
3. Pengendapan uranium (T-102) untuk mengendapkan uranium dari T-101 dan hasilnya disaring dengan *Filter -02* (F-102).
4. Pelarutan Th (T-201) untuk melarutkan residu dari F-101 dengan menggunakan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pada suhu  $130^\circ\text{C}$ , 2 jam, hasilnya disaring menggunakan *Filter-03* (F-201).
5. Ekstraksi Th (MS-201) untuk mengambil Th menggunakan *solvent* organik campuran *Primene JM, Tridecanol* dan kerosene sebagai pengencer.
6. *Stripping* Th (MS-201) untuk mengambil kembali Th menggunakan HCl.
7. Regenerasi *solvent* (MS-203) untuk memurnikan kondisi *solvent* organik menggunakan  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .
8. Pengendapan Th (T-301) untuk mengendapkan Th menggunakan  $\text{NH}_4\text{OH}$  dan hasilnya disaring menggunakan *Filter-04* (F-301).
9. Pelarutan Th (T-302) untuk melarutkan Th menggunakan  $\text{HNO}_3$  dan hasilnya disaring menggunakan *Filter-05* (F-302).
10. Pengendapan Th (T-303) untuk mengendapkan Th menggunakan asam oksalat  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$  dan hasilnya disaring menggunakan *Filter-06* (F-303).
11. Dekomposisi Thermal (DT-301) untuk mendekomposisi Th oksalat yang dihasilkan dari F-303 pada suhu  $(100-650)^\circ\text{C}$  menjadi produk  $\text{ThO}_2$ .
12. *Scubber* Gas (S-301) untuk menyerap gas-gas yang dihasilkan dari DT-301 maupun alat-alat lainnya.



Gambar 1. Blok Diagram Pengolahan *Tailing* Monasit Menjadi  $\text{ThO}_2$

### 3.3. PERHITUNGAN ALAT UTAMA PROSES

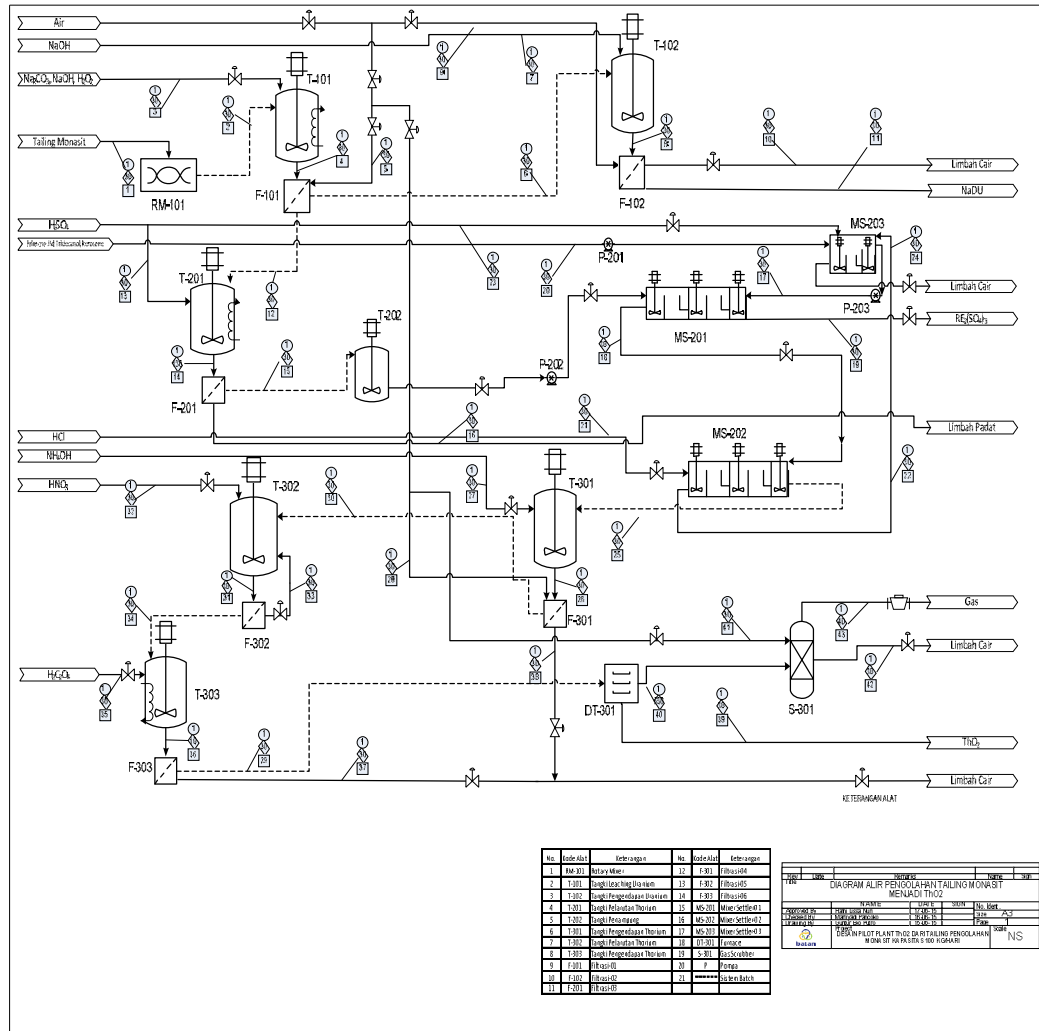
Alat utama proses yang berjumlah 18 (delapan belas) buah dihitung sesuai dengan jumlah alat pada blok diagram proses Gambar 1). Perhitungan alat dihitung berdasarkan neraca massa dan energi, dari neraca massa diperoleh produk akhir  $\text{ThO}_2$  sebesar 2,3 kg/hari. Hasil perhitungan alat diringkas pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Alat utama

No	NAMA ALAT	KODE ALAT	UKURAN ALAT				Bahan	FENGADUK		
			Panjang (cm)	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Tebal (in)		Diameter (cm)	Speed (rpm)	Hp motor
1	ROTARY MIXER	RM-101	100	50	-	0,25	CS	-	108	0,5
2	TANGKI LEACHING URANIUM	T-101	-	47,70	95,40	0,25	SS 304L	16	480	1,0
3	FILTER 01	F-101	-	50	10	0,25	SS 304L	-	-	2,1
4	TANGKI PENGENDAPAN U	T-102	-	68	136	0,25	SS 304L	23	360	1,0
5	FILTER 02	F-102	-	50	10	0,25	SS 304L			4,02
6	TANGKI PELARUTAN Th	T-201	-	51	76,50	0,125	SS 316L	16,50	300	1,0
7	FILTER 03	F-201	-	20,80		0,25	SS 316L		10000	22,0
8	MIXER-SETTLER	MS-201								
	Ekstraksi Th									
	a. MIXER		31	31	61	0,1875	SS 316L	-	500	5,0
	b. SETTLER		43	31	62	0,1875	SS 316L	-	-	-
9	MIXER-SETTLER	MS-202								
	Stripping Th									
	a. MIXER		31	31	62	0,1875	SS 316L	-	500	5,0
	b. SETTLER		54	54	62	0,1875	SS 316L	-	-	-
10	MIXER-SETTLER	MS-203								
	Regenerasi Solven									
	a. MIXER		40	40	80	0,1875	SS 316L	-	300	3,0
	b. SETTLER		25	40	80	0,1875	SS 316L	-	-	-
11	TANGKI PENGENDAPAN Th	T-301	-	67	101	0,25	SS 304L	-	420	1,0
12	FILTER 04	F-301	-	141	28	0,25	SS 304L	-	600	2
13	TANGKI PELARUTAN Th	T-302	-	22,50	22,50	0,25	SS 316L	-	420	0,5
14	FILTER 05	F-302	-	100	10	0,25	SS 316L	-	1900	1,5
15	TANGKI PENGENDAPAN Th	T-303	-	53	35	0,25	SS 316L	-	780	1,0
16	FILTER 06	F-303	-	80	16	0,25	SS 316L	-	1300	1,5
17	DEKOMPOSISI THERMAL	DT-301	115	85	150	0,25	SS 304L	-	-	20,13
18	SCRUBBER	S-301	-			0,25	SS 304L	-	-	-

### 3.4. PRELIMINARY PROCESS FLOW DIAGRAM (PFD)

*Preliminary Process Flow Diagram (PFD)* merupakan pengembangan blok diagram proses (Gambar 1) yang dilengkapi dengan simbol alat-alat utama, nomor arus airan proses, kondisi proses (temperatur dan tekanan), *valve* dan pompa. Seharusnya perlu ditempelkan juga tabel neraca massa setiap alat, dikarenakan sangat banyak maka tabel tersebut dengan sangat terpaksa tidak ditempelkan. Hasil *Preliminary Process Flow Diagram (PFD)* yang telah dibuat seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Preliminary Proses Flow Diagram (PFD)

### 3.5. PRELIMINARY P&ID DAN PLOT PLAN

*Preliminary P&ID* merupakan diagram yang menerangkan alur proses yang digambarkan dengan menggunakan simbol alat, dilengkapi kontrol dan nomor lokasi. Sedangkan *plot plan* dibuat untuk mengatur tata letak alat berdasarkan blok diagram dan dimensi alat yang telah diperoleh dengan mengatur jarak antar alat dan mempertimbangkan keselamatan dan keamanan proses.

*P&ID* terdiri dari 3 (tiga) buah gambar yaitu :

- P&ID* proses 1 yang meliputi alat *rotary mixer*, tangki *leaching*, filter dan tangki pengendapan.
- P&ID* proses 2 yang meliputi alat tangki pelarutan, filter dan *mixer settler*.
- P&ID* proses 3 yang meliputi alat tangki pengendapan  $Th(OH)_4$ , filter, tangki pelarutan  $Th$ , tangki pengendapan  $Th$  oksalat dan *furnace* dekomposisi *thermal*.

Untuk *preliminary P&ID* hanya ditampilkan proses I.



*Plan.* Dokumen tersebut perlu disempurnakan lagi dan dibuat detilnya pada tahun 2016-2017, dimana P&ID akan dilengkapi dengan instrumentasi dan kontrol yang lebih lengkap untuk setiap alatnya dengan mempertimbangkan kondisi proses yang aman. Berdasarkan hasil perhitungan neraca massa maka dengan mengolah 100 kg/hari *tailing* monasit akan diperoleh produk ThO<sub>2</sub> sebanyak 2,3 kg/hari dan Indonesia diperkirakan mempunyai cadangan monasit sebesar 1.5 milyar ton dengan kadar Th 3 %.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] International Atomic Energy Agency, Mei 2005, *Thorium Fuel Cycle*, IAEA-TEC.DOC 1450, Austria.
- [2] Achdiyati A., Ferry Y., Sakri., Roosmariharso, Drajat I., Desember 2014, Telaah Penguatan Struktur Industri Pemetaan Potensi Logam Tanah Jarang Di Indonesia, Kementerian Perindustrian, Jakarta.
- [3] Bambang G.S., Prayitno., Hafni L.N., M.Pancoko, Naek N., 24 Oktober 2011, Preliminary Design Pabrik Yellow Cake dari Uranium Hasil samping Pabrik Fosfat Kapasitas 60 Ton U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>/Tahun, Laporan Akhir, PRFN BATAN, Serpong.
- [4] Cuthbert F.L., September 1958, *Thorium Production Technology*, Addison Wesley Publishing Company Inc., Massachusetts, USA.
- [5] Abdel Rahim, A.M., Juni 2001, *An Innovative Method For Processing Egyptian Monazite*, Alexandra University, Egypt.
- [6] Hafni Ln., Faizal R., Susilaningtyas, Sugeng W., Erni Ra, 22 September 2004, Aplikasi Peralatan Proses Monasit Skala Laboratorium untuk Pengolahan Monasit Bangka Menjadi Rare Earth Dengan Kapasitas 1 Kg/hari, Prosiding Seminar Geologi Nuklir dan Sumber Daya Tambang, PPBGN BATAN, Jakarta.
- [7] Aly M.Abdel-Rehim, 17 Juni 2002, *An Innovative Method For Processing Egyptian Monazite*, Elsevier, Hydrometallurgy, Egypt.
- [8] Y.A. El-Nadi, J.A. Daoud, H.F. Aly, 25 Oktober 2004, *Modified Leaching And Extraction Of Uranium From Hydrous Oxide Cake Of Egyptian Monazite*, Elsevier, Hydrometallurgy, Egypt.
- [9] Burke T.J., May 1982, *The Characterization of Commercial Thorium Oxide Powders*, Bettis Atomic Power Laboratory, Pennsylvania.