
DESAIN PILOT PLANT ThO_2 DARI TAILING PENGOLAHAN MONASIT KAPASIT 100 KG/HARI (DESAIN DASAR TAHAP I)

Hafni Lissa Nuri, Prayitno, Abdul Jami, M.Pancoko, Guntur ES
PRFN-BATAN, Kawasan Puspiptek Gd.71, Serpong, Tangerang Selatan 15310

ABSTRAK

DESAIN PILOT PLANT ThO_2 DARI TAILING PENGOLAHAN MONASIT KAPASITAS 100 KG/HARI. Telah dilakukan kegiatan desain pilot plant tahap I pengolahan tailing monasit menjadi ThO_2 yang bertujuan untuk membuat dokumen desain pilot plant dengan ruang lingkup desain proses. Dokumen tersebut berisikan blok diagram proses, deskripsi proses, perhitungan neraca massa dan energi, diagram alir kualitatif dan kuantitatif, perhitungan peralatan utama proses, process flow diagram (PFD), preliminary P&ID dan plot plant. 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_4 yang telah diambil sebagian besar unsur tanah jarangnya (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.

Kata kunci : pilot plant, tailing monasit, torium oksida

ABSTRACT

PILOT PLANT DESIGN OF ThO_2 FROM TAILINGS MONAZITE WITH CAPACITY 100 KG / DAY. Design activities has been carried out the first stage of the pilot plant processing monazite tailings to ThO_2 which aims to create a pilot plant design documents with the scope of the design process. The document contains a block diagram of the process, a description of the process, the calculation of the mass and energy balance, flow charts qualitative and quantitative, calculation of the main process equipment, process flow diagram (PFD), the initial P & ID and plant plots. The pilot plant is an application of laboratory results data that will be implemented on an industrial scale. Monazite tailings (RE, U, Th) OH is garbage processing monazite (RE, U, Th) PO_4 who has taken most of the rare earth element (RE). Thorium (Th) as radioactive materials, nuclear fuel is used instead of uranium, which is now diminishing reserves, while the reserves of thorium reserves of uranium 3-4 times 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 about 3-6% and very worthy to be processed.

Keywords: pilot plant, monazite tailings, thorium oxide

1. PENDAHULUAN

Monasit adalah mineral radioaktif dimana komposisi senyawanya adalah RE (unsur tanah jarang), U (uranium), Th (torium) dan P_2O_5 (fosfat). Torium yang merupakan unsur radioaktif cukup besar kandungannya didalam monasit sekitar 3-6 %. Salah satu kegunaan dari Th adalah sebagai bahan bakar nuklir dan saat ini Th mulai banyak dikembangkan di negara-negara pengguna PLTN seperti Jepang, China, India, Jerman untuk bahan bakar pengganti uranium dikarenakan keberadaan tambang uranium di dunia sudah jauh berkurang sedangkan keberadaan Th jumlahnya mencapai 3-4 kali uranium dan belum banyak diproduksi

secara komersial. Selain itu apabila Th digunakan sebagai bahan bakar nuklir akan menghasilkan limbah yang jauh lebih sedikit dibandingkan menggunakan uranium [1].

Indonesia mempunyai sumberdaya alam monasit yang cukup besar, tetapi belum dioptimalkan atau diolah sampai sekarang dan masih dalam taraf penelitian. Potensi cadangan monasit murni sampai dengan tahun 2002 di jalur timah di Pulau Bangka Belitung dan Kalimantan Barat sebesar 19.197 ton [2], 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 sama dengan mineral mineral lain yaitu xenotim dan zircon [3]. Menurut Buku Putih Kementerian Riset dan Teknologi tahun 2010 bahwa potensi sumber daya thorium di Indonesia sebesar 121.500 ton yang terdiri dari 120.000 ton hipotik dan 1500 ton spekulatif [4]. Pasir monasit yang dihasilkan di Indonesia saat ini masih merupakan hasil samping penambangan timah terutama oleh PT.Timah Bangka, data tahun 2006 menjelaskan bahwa PT.Timah memiliki monasit 408.887 ton dengan kadar monasit 50-70 % [2]. Monasit tersebut mempunyai nilai ekonomis yang tinggi dan jika diolah akan meningkatkan kemandirian bangsa akan kebutuhan bahan dasar unsur tanah jarang sebagai bahan baku kebutuhan industri dan juga unsur radioaktif U dan Th sebagai bahan bakar nuklir. Di Indonesia akan dimulai pengolahan monasit menjadi RE_2O_3 dalam skala pilot yang merupakan hasil kerjasama PTBGN BATAN dengan PT.Timah yang diperkirakan akan beroperasi tahun 2015.

Pilot plant merupakan langkah awal sebelum didirikannya pabrik dalam skala industri, dimana pilot plant merupakan implementasi data 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.

Desain pilot plant ThO_2 dari tailing monasit dilakukan untuk membuat dokumen yang berisi data properties, blok diagram, deskripsi proses, hasil perhitungan neraca massa dan energi, diagram alir kualitatif dan kuantitatif, hasil perhitungan alat, PFD, *preliminary P&ID* dan *plot plant* [5]. 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 [6-8].

Desain *pilot plant* ini dibuat selama 3 (tiga) tahun dengan tahapan sebagai berikut:

1. Tahap I tahun 2015 untuk menghasilkan sebagian dokumen basic desain dari proses.
2. Tahap II tahun 2015 untuk menghasilkan dokumen basic desain proses secara lengkap, dokumen mekanik dan piping, instrumen dan elektrik.
3. Tahap III tahun 2017 untuk menghasilkan dokumen detil desain.

Dokumen *pilot plant* yang diperoleh diharapkan nantinya dapat digunakan untuk pengolahan tailing monasit menjadi ThO_2 yang dapat diintegrasikan dengan pilot plant milik PT.Timah yang dibangun pada tahun ini.

2. TEORI

Pada dasarnya pengolahan tailing monasit (U,Th,RE)OH menjadi ThO₂ dimulai dengan pencampuran, *leaching* uranium, pemisahan padat cair, pengendapan uranium, pelarutan RE dengan H₂SO₄, ekstraksi dan *stripping* Th, pengendapan Th dengan NH₄OH, pelarutan Th dengan HNO₃, pengendapan Th dengan asam oksalat dan dekomposisi thermal.

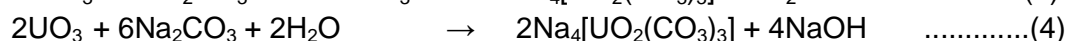
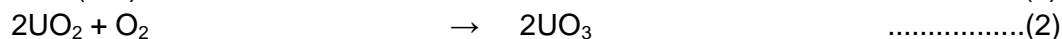
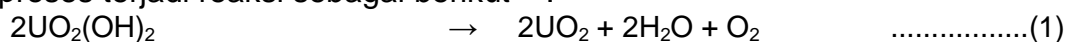
2.1. Pencampuran

Langkah awal proses pengolahan adalah mencampur umpan tailing monasit (U,Th,RE)OH yang diperoleh dari proses pengolahan monasit yang berupa 2 (dua) jenis tailing, dicampur menggunakan rotary mixer supaya umpan lebih homogen sebagai umpan.

2.2. *Leaching* uranium

Pada proses ini uranium di *leaching* menggunakan campuran Na₂CO₃ dan NaOH, serta ditambahkan oksidator H₂O₂ sehingga diperoleh larutan natrium uranil trikarbonat.

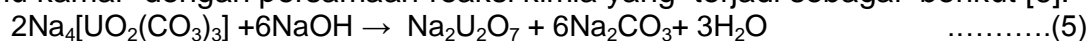
Selama proses terjadi reaksi sebagai berikut⁽⁶⁾ :



Slurry hasil *leaching* disaring menggunakan filter, larutan yang diperoleh diendapkan untuk memperoleh endapan uranium, sedangkan residu yang telah dicuci dilarutkan dengan H₂SO₄.

2.3. Pengendapan uranium

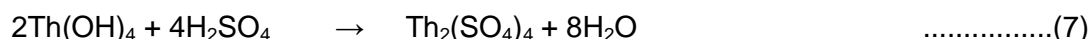
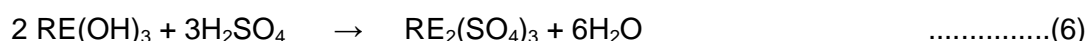
Larutan natrium uranil trikarbonat diendapkan dengan menggunakan larutan NaOH pada suhu kamar dengan persamaan reaksi kimia yang terjadi sebagai berikut [6]:



Hasil endapan disaring/difiltrasi sehingga diperoleh endapan natrium diuranat dan limbah cair natrium karbonat.

2.4. Pelarutan Torium (Th) dengan H₂SO₄

Residu hasil *leaching* uranium berupa (RE,Th)OH dilarutkan dengan H₂SO₄ untuk melarutkan torium (Th), tetapi pada kondisi ini RE juga larut dalam asam sulfat dengan persamaan reaksi sebagai berikut [6] :

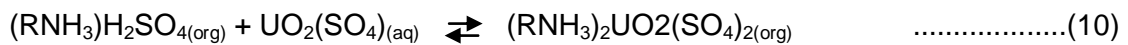


Slurry hasil pelarutan dipisahkan dengan filtrasi sehingga akan diperoleh larutan RE,Th sulfat untuk diekstraksi dan residu yang dihasilkan sebagai limbah padat.

2.5. Ekstraksi Th

Pada proses ekstraksi ini digunakan *solvent*/pelarut organik yaitu *Amine Primer* atau *Primene JM* dengan rumus molekul adalah C₁₉H₄₁N yang dicampur dengan organik lain seperti *tridecanol* yang berfungsi sebagai *modifier*, serta menggunakan *diluents*/pengencer kerosene untuk mengambil Th dari larutan Th₂(SO₄)₄. Dalam reaksi, Primene JM disimbolkan dengan huruf RNH₂, ekstraksi menggunakan alat *mixer settler* berpengaduk dengan kondisi pada suhu kamar dan waktu kontak 2-5 menit.

Pada ekstraksi Th terjadi reaksi kesetimbangan sebagai berikut⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾:



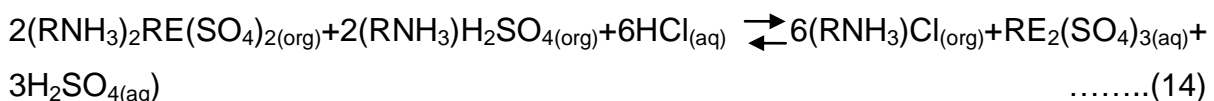
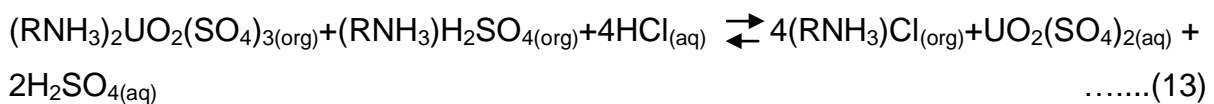
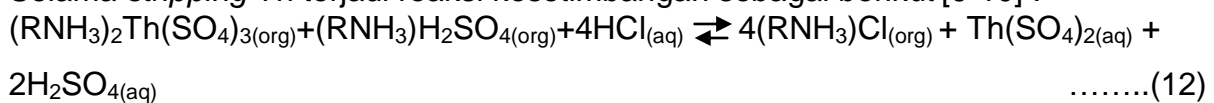
RNH₂ = Primene JM

Pada proses ekstraksi tersebut torium sulfat membentuk kompleks dengan *Primene JM* dan setelah terjadi keseimbangan maka ada pemisahan fase, fase organik atau *pregnant* yang kaya Th dialirkan ke proses stripping.

2.6. Stripping Th

Proses *stripping* untuk mengambil Th kembali dengan menggunakan *stripant* asam chloride (HCl) yang merupakan *stripant* yang selektif terhadap Th yaitu mudah melarutkan Th tetapi tidak mudah melarutkan U dan RE sehingga diperoleh Th yang relatif murni.

Selama *stripping* Th terjadi reaksi kesetimbangan sebagai berikut [9-10] :

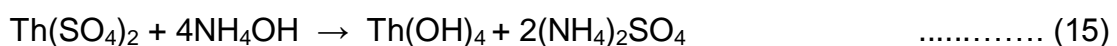


Hasil *stripping* yang berupa Th(SO₄)₂ yang bercampur dengan H₂SO₄ diproses lebih lanjut pada proses pengendapan, sedangkan *solvent* organik RNO₃ di regenerasi dahulu sebelum kembali ke dalam proses ekstraksi *mixer settler*.

2.7. Pengendapan Th dengan NaOH

Larutan Th(SO₄)₂ hasil *stripping* diendapkan dengan menggunakan 2M NH₄OH menjadi endapan Th(OH)₄ dan larutan NH₄Cl, pengendapan dilakukan pada suhu kamar, waktu 1 jam dan diaduk.

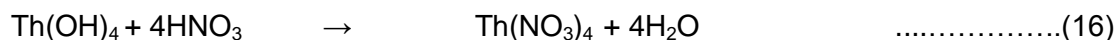
Selama pengendapan Th terjadi reaksi sebagai berikut⁽⁶⁾ :



Slurry yang diperoleh difiltrasi maka diperoleh endapan $\text{Th}(\text{OH})_4$ yang akan dilarutkan dengan HNO_3 dan filtrat $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ sebagai limbah.

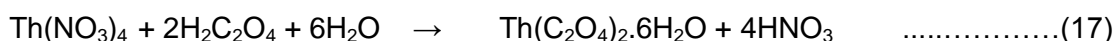
2.8. Pelarutan Th dengan HNO_3

Endapan $\text{Th}(\text{OH})_4$ yang diperoleh dilarutkan lagi dengan $4\text{M}\text{HNO}_3$ untuk memperoleh larutan $\text{Th}(\text{NO}_3)_4$ pada suhu kamar. Hasil pelarutan di filtrasi dan endapan yang diperoleh akan diendapkan kembali dengan menggunakan asam oksalat ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$). Selama pelarutan Th terjadi reaksi sebagai berikut [6]:



2.9. Pengendapan Th dengan asam oksalat ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$)

Larutan $\text{Th}(\text{NO}_3)_4$ diendapkan dengan asam oksalat ($\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$) sehingga diperoleh endapan $\text{Th}(\text{C}_2\text{O}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ pada suhu kamar, 1 atm. Selama pengendapan Th oksalat terjadi reaksi sebagai berikut [11]:

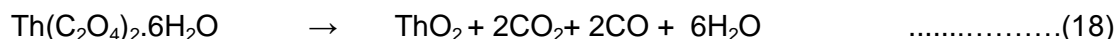


Slurry yang diperoleh disaring dan dicuci sehingga diperoleh endapan $\text{Th}(\text{C}_2\text{O}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ untuk diproses lebih lanjut dan dihasilkan filtrat sebagai limbah.

2.10. Dekomposisi *Thermal*

Endapan $\text{Th}(\text{C}_2\text{O}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ yang diperoleh dipanaskan pada suhu antara $100\text{-}1000^\circ\text{C}$, dimana suhu 100°C terjadi penguapan air yang terkandung dalam endapan dan pada suhu $200\text{-}650^\circ\text{C}$, selama 4 jam akan terjadi perubahan endapan $\text{Th}(\text{C}_2\text{O}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ menjadi oksida yaitu ThO_2 .

Pada dekomposisi thermal terjadi reaksi sebagai berikut [11]:



Diharapkan produk ThO_2 yang diperoleh mempunyai kemurnian yang tinggi dan memenuhi standart sebagai bahan dasar untuk pembuatan bahan bakar nuklir.

Monasit di Indonesia cukup melimpah sehingga perlu dipertimbangkan untuk mendirikan industri pengolahannya sehingga mendukung kemandirian bangsa dalam industri dan energi. dimana salah satu produknya adalah ThO_2 . Tahapan untuk mendirikan pabrik industri pengolahan monasit menjadi ThO_2 dimulai dengan :

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 ekonomi skala pabrik/industri
5. Membuat pabrik skala industri

Saat ini *pilot plant* pabrik monasit menjadi RE_2O_3 sedang dibangun di daerah Tanjung Ular Mentok, Babel yang merupakan hasil kerjasama antara PTBGN BATAN dan PT.Timah dan akan dioperasikan pada tahun 2015. Tahun 2016 PTBGN BATAN akan mendirikan *pilot plant* pengolahan monasit dengan produk RE, U dan Th. Apabila produk ThO_2 sudah dibutuhkan sebagai bahan bakar reaktor maka perlu

dimulai dengan pendirian *pilot plant* ThO₂ yang dapat diintegrasikan pada *pilot plant* pengolahan monasit yang telah ada.

3. METODE/TATA KERJA RANCANGAN

Untuk melakukan kegiatan desain *pilot plant* tahap I pada pengolahan tailing monasit menjadi ThO₂ maka tahapan kegiatannya sebagai berikut :

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

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan dari kegiatan pilot plant ThO₂ dari tailing pengolahan monasit diuraikan sebagai berikut :

4.1 Data-data *properties*

Untuk kegiatan desain maka dibutuhkan data-data *properties* diantaranya data komposisi tailing monasit sebagai bahan baku, sifat-sifat kimia serta fisis dari umpan dan spesifikasi produk ThO₂. Data tersebut digunakan sebagai pendukung untuk melakukan perhitungan neraca massa, neraca panas, perhitungan alat yang pada akhirnya akan didapatkan spesifikasi alat. Data-data yang diperoleh adalah sebagai berikut :

a. Data *tailing* monasit sebagai umpan

Tailing monasit yang digunakan sebagai umpan diambil berasal dari hasil pengolahan pasir monasit yang telah diambil sebagian unsur tanah jarang nya (RE), dengan komponen didalamnya seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Komponen umpan *tailing* monasit setiap 100 kg

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	Na ₂ O	61.98	0.303	0.003	0.005
12	PbO	223.200	0.033	0.000	0.000
13	HfO ₂	210.500	0.066	0.001	0.000
14	SnO ₂	150.71	5.017	0.050	0.033
15	S	32.1	0.310	0.003	0.010
16	Cr ₂ O ₃	152.000	0.110	0.001	0.001
17	Cl	35.500	0.030	0.000	0.001
18	Na ₃ PO ₄	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	H ₂ O	18.000	35.176	0.352	1.954
	Jumlah		100.000		

b. Spesifikasi Produk ThO₂

Spesifikasi produk torium oksida yang ditulis pada Tabel 2. merupakan serbuk ThO₂ yang telah diuji untuk dibuat pellet sebagai bahan bakar nuklir.

Tabel 2. Spesifikasi produk ThO₂ [1]

No	Sifat fisis	Keterangan	Satuan	Komposisi senyawa ThO ₂			
				Th	Unsur pengotor, ppm		
1	Berat Molekul	264.04	gmol/gr	Th	min 87.42 %		
2	Bau	tidak berbau		Unsur pengotor, ppm			
3	Jenis	padatan putih		Al	<50	Mn	<2.5
4	Densitas	10	gr/cm ³	B	<0.25	Mo	5
5	Titik Leleh	3390	oC	C	334	n	14
6	Titik Didih	4400	oC	Ca	170	Ni	<5
7	Di Dalam Air	tidak larut		Co	<2.5	Si	<50
				Cr	23	Ti	<2.5
				Cu	4	Hg	<5
				F	12	V	<2.58
				Fe	<25	Sn	
				Mg	15		

a. Data sifat fisis dan kimia komponen umpan *tailing* monasit

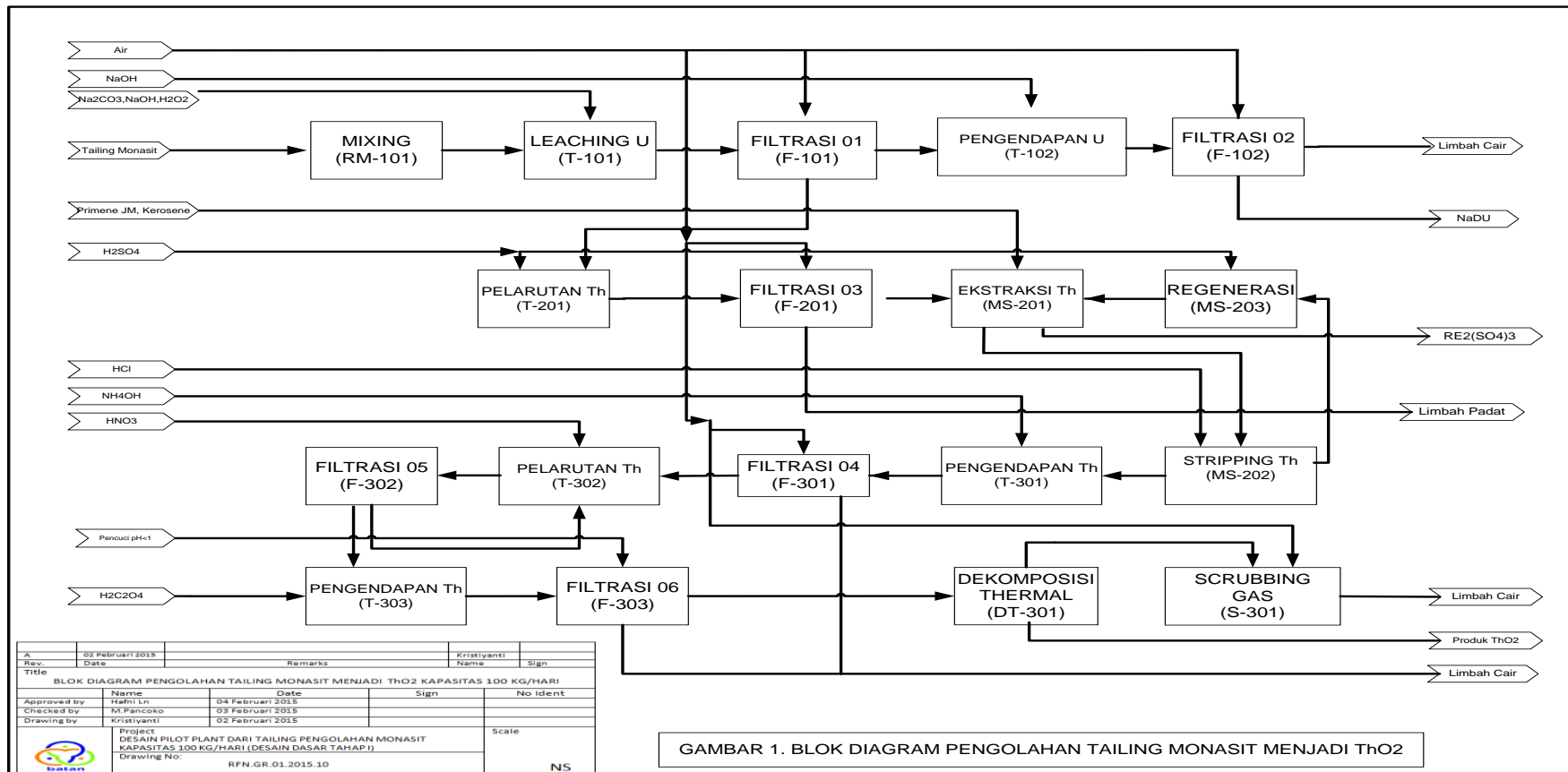
Rangkuman sifat fisis dan kimia dari komponen-komponen yang ada didalam *tailing* monasit seperti yang tertulis di Tabel 3. Data ini diperlukan sebagai dasar untuk menghitung neraca massa dan energi dan juga dimensi alat.

Tabel 3. Sifat fisis dan kimia komponen di dalam *tailing* monasit [12-13]

No	Komponen	BM	Densitas	MP(°C)	BP(°C)	Kelarutan	Warna	$\Delta H_f^{\circ}_{298}$	$S_{o,298}$	$C_{p,298}$
		(kg/kgmol)	(kg/m ³)			di Water		(J/mol K)	(kJ/mol)	(kJ/kmol K)
1	RE(OH) ₃	192,78	4600	2177	3730	tidak larut	<i>pink</i>	-(1418.6 ± 1,8)	-(1286.4 ± 1.9)	117.39
2	Th(OH) ₄	300,00	5600	4000	5000	tidak larut	putih	-(1254.6 ± 1,8)	-(1554 ± 1.9)	70.16
3	UO ₂ (OH) ₂	304,04	6600	2865	3541	tidak larut	putih	-(1533.8 ± 1,8)	-(1398.7 ± 1.9)	73.49
4	Fe ₂ O ₃	159,69	5120	1566	-	tidak larut	coklat kemerahan	90	-826	934,38
5	SiO ₂	60,06	2650	166	2230	-	<i>trans crystal</i>	42	-911	72,77
6	TiO ₂	79,87	4170	1843	2972	tidak larut	padatan putih	50	-945	67,29
7	ZrO ₂	123,22	5600	2715	4300	<i>negligible</i>	serbuk putih	50.30	-1800	69,20
8	Al ₂ O ₃	101,96	3990	2072	2977	tidak larut	serbuk putih	50.92	-1675	102,43
9	MgO	40,3	3650	2852	3600	larut	serbuk putih	27	-602	47,26
10	CaO	56,08	3320	2613	2815	larut	<i>pale powder</i>	40	-635	49,954
11	Na ₂ O	61,98	2270	1132	1950	-	padatan putih	73	-416	255,75
12	PbO	223,20	9530	888	1477	sedikit	serbuk merah atau putih	-	-	-
13	HfO ₂	210,5	9680	2758	5400	tidak larut	serbuk putih	-	-	-
14	SnO ₂	150,71	7000	163	1900	tidak larut	padatan putih	52	-581	55,23
15	S	32,10	2070	115	444,6	-	-	22.75	-	-
16	Cr ₂ O ₃	152,00	5220	2435	4000	tidak larut	<i>light to dark green</i>	-1128	81	-
17	Cl	35,50	-	-	-	-	-	-167	153.36	-
18	Na ₃ PO ₄	164,00	2536	1,583	100	<i>anhydrous</i>	-	-5480	660	665
19	NaOH	40,00	2130	318	1399	tidak larut	serbuk putih	-427	64	59,66

4.2 BLOK DIAGRAM PROSES

Blok diagram pengolahan pasir monasit menjadi ThO_2 merupakan integrasi beberapa proses dari pustaka, setelah dipelajari dibuat beberapa diagram dan hasil akhir dari diagram seperti pada Gambar 1. Blok diagram dibuat sebagai ujung tombak untuk memudahkan memahami proses yang akan digunakan sebagai dasar untuk memulai kegiatan desain.



GAMBAR 1. BLOK DIAGRAM PENGOLAHAN TAILING MONASIT MENJADI ThO_2

Gambar 1. Blok Diagram Pengolahan *Tailing* Monasit Menjadi ThO_2

4.3 DESKRIPSI PROSES

Deskripsi proses dimaksudkan untuk memberi gambaran umum mengenai proses pengolahan *tailing* monasit menjadi ThO_2 , dimana data-data kondisi diambil dari data sekunder dengan alur prosesnya seperti yang terlihat pada blok diagram (Gambar 1).

Tailing monasit yang merupakan hasil pengolahan monasit adalah endapan hidroksida, $(\text{RE,U,Th})\text{OH}$ dicampur menggunakan rotary mixer (RM-101) dengan kecepatan tertentu supaya homogen, melalui screw conveyor dialirkan ke dalam tangki *leaching* (T-101) untuk di *leaching* menggunakan campuran basa Na_2CO_3 , NaHCO_3 , air dan oksidator H_2O_2 , untuk melarutkan uranium menjadi larutan natrium uranil trikarbonat. Kondisi *leaching* uranium pada suhu 80°C , 4 jam dan diaduk selama proses. Selama *Leaching* ditambahkan oksidator H_2O_2 digunakan untuk mengoksidasi uranium dari bervalensi 4+ menjadi valensi 6+ supaya mudah membentuk kompleks dengan Na_2CO_3 . Hasil *leaching* difiltrasi sehingga diperoleh endapan $(\text{Th,RE})\text{OH}$ dan larutan uranil diuranat diendapkan dengan menggunakan larutan NaOH menjadi ADU. Endapan $(\text{Th,RE})\text{OH}$ dilarutkan dengan H_2SO_4 pada suhu 130°C , selama 2 jam, 1 atm dan diaduk selama proses (T-201), difiltrasi dan diperoleh larutan (RE,Th) Sulfat dan residu sebagai limbah padat. Larutan (RE,Th) Sulfat diekstraksi toriumnya (MS-201) menggunakan pelarut organik campuran *Primene JM*, *tridecanol* dan kerosen sebagai pengencer. Organik yang kaya Th kemudian distripping menggunakan larutan HCl (MS-202) sehingga menghasilkan larutan ThCl_4 yang relatif murni. Pertimbangan menggunakan HCl adalah jika masih ada unsur U di dalam kompleks organik maka U tidak mudah larut ke dalam HCl . Organik dari *stripping* dimasukkan ke alat regenerasi (MS-203) sebelum dimasukkan lagi ke *mixer-settler* (MS-201). Larutan ThCl_4 diendapkan menggunakan larutan NH_4OH (T-301) menjadi endapan $\text{Th}(\text{OH})_4$, disaring, kemudian dilarutkan kembali dengan HNO_3 (T-302) yang menghasilkan larutan $\text{Th}(\text{NO}_3)_4$. Larutan tersebut kemudian diendapkan menggunakan asam oksalat (T-303) pada suhu 10°C , sehingga diperoleh Th oksalat dan didekomposisi secara *thermal* (DT-301) pada suhu $100-650^\circ\text{C}$, selama 4 jam, 1 atm dan menghasilkan produk ThO_2 .

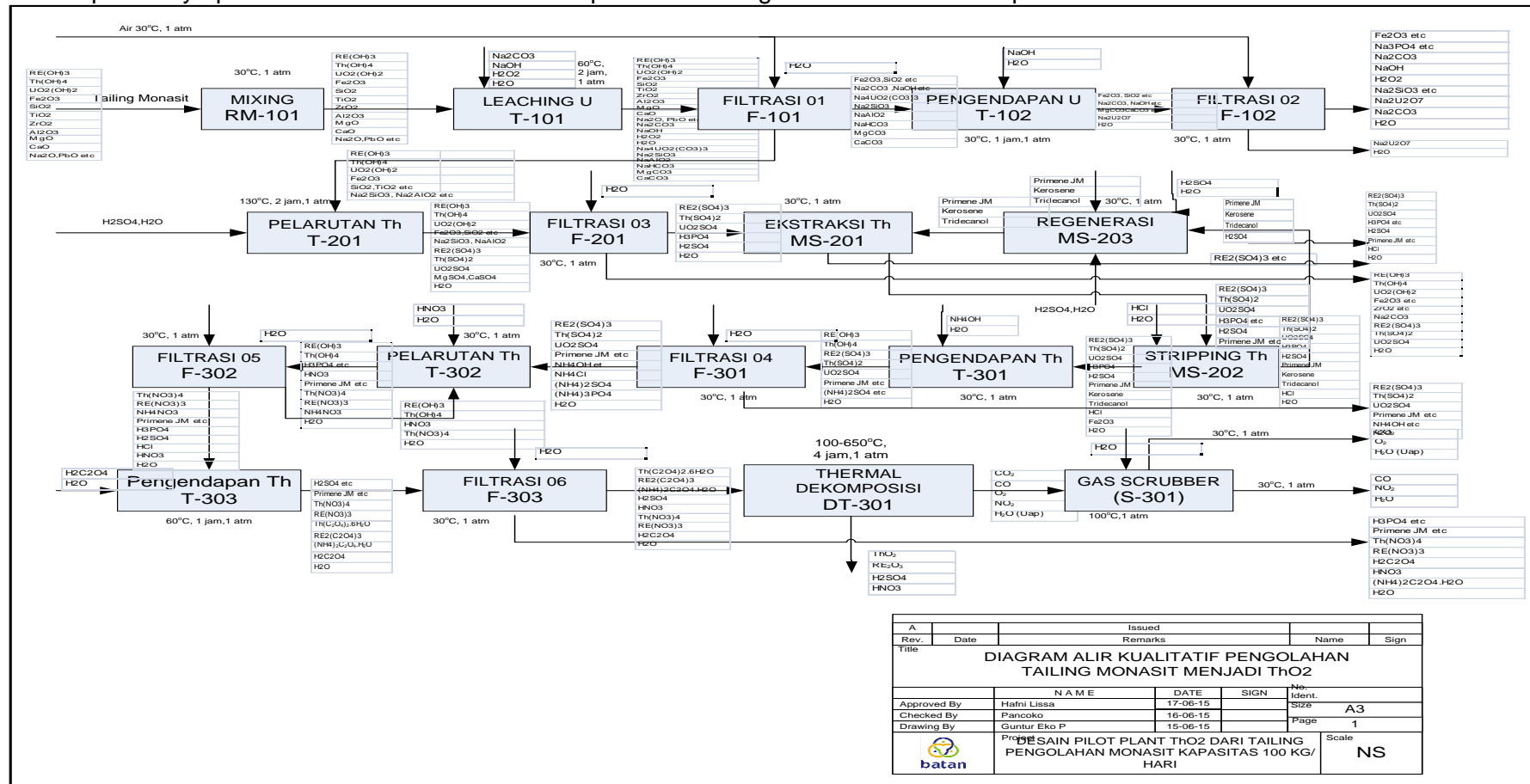


Tabel 5. Neraca Energi

No	Komponen	T-201 kcal/Hari				T-302 kJoule/hari				T-303 kJoule/hari				DT-301 kJoule/hari			
		INPUT		OUTPUT		INPUT		OUTPUT		INPUT		OUTPUT		INPUT		OUTPUT	
1	RE(OH) ₃	21.7739	-90,519.68	30.2399		-233.276		-69.983									
2	Th(OH) ₄	1.02	-4,135.93	0.6208		-13647.8		-1364.78									
3	UO ₂ (OH) ₂	0.0143	-28.72	0.0231		-0.1362		-0.0555									
4	Fe ₂ O ₃	1.5157	0	34.1407													
5	SiO ₂	1.452	0	33.3298													
6	TiO ₂	1.6349	0	35.5336													
7	ZrO ₂	2.5052	0	56.4901	-6,637.70												
8	Al ₂ O ₃	0.7131	0	16.3055													
9	Na ₂ O	1.7653	0	8.8972													
10	PbO	0.002	0	0.1759													
11	HfO ₂	0.0225	0	0.4717													
12	SnO ₂	2.1169	0	47.4963													
13	S	0.2655	0	5.896	-52,688.88												
14	Cr ₂ O ₃	0.0971	0	2.0539													
15	Na ₃ PO ₄	0.8011	-3,147.56	0.8412													
16	H ₂ O	178.0197	0	3738.413		-86724.7	-148180	-244990	-794281	-769499	-1548847	-23966.8					
17	Na ₂ CO ₃	0.1317	-233.3775	0.1383													
18	NaOH	0.3937	-270.1629	0.0992													
19	H ₂ O ₂	2.8384	0	59.6063													
20	Na ₂ SiO ₃	0.1028	0	2.3605													
21	NaAlO ₂	0.0469	0	1.0753													
22	NaHCO ₃	0.1254	0	2.6329													
23	MgCO ₃	0.0063	-18.5073	0.0066													
24	CaCO ₃	0.0032	-8.7662	0.0035													
25	H ₂ SO ₄	71.3072	-51,267.65	499.1506						-489.878		-489.878					
26	H ₂ O	2.3643		10.5753	-38,040.19												
27	RE ₂ (SO ₄) ₃	0		589.8474	-81,618.85												
28	Th(SO ₄) ₂	0		53.2343	-7,777.18												
30	UO ₂ SO ₄	0		0.2851	-34.5497												
31	MgSO ₄	0		0.1983	-21.5652												
32	CaSO ₄	0		0.079	-10,2569												
33	Na ₂ SO ₄	0		43.1261	-4,142.56												
34	CO ₂	0		0.7796	-91.6181											-6872.84	
35	H ₃ PO ₄	0		15.1772	-2,130.42					-2.059		-2.059					
36	HNO ₃						-7775.63	-1555.13	-1547.35		-7716.4	-38.5937					
37	NH ₄ NO ₃							-212.523									
38	NH ₄ OH						-41.7341										
39	Th(NO ₃) ₄							-11043.2	-11037.7		-551.895	-0.0264					
40	RE(NO ₃) ₃							-150.971	-150.895		-45.27	-0.024					
41	UO ₂ (NO ₃) ₂							-0.078	-0.078		-0.007	0					
42	NH ₄ NO ₃								-211.461								
43	(NH ₄) ₂ SO ₄						-260.743										
44	HCl									-2.76		-2.76					
45	H ₂ C ₂ O ₄									-20272.3	-5791.7	-28.963					
46	Th(C ₂ O ₄) ₄ .6H ₂ O										-37839.5	-37839.5					
48	RE ₂ (C ₂ O ₄) ₃										-161.023	-161.023					
49	UO ₂ C ₂ O ₄ .3H ₂ O										-0.149	-0.1489					
50	(NH ₄) ₂ C ₂ O ₄ .H ₂ O										-324.217	-324.217					
51	CO															-1929.8	
52	H ₂ O uap															-33400.8	
53	RE ₂ O ₃															-72.4793	
54	ThO ₂															-10613.273	
55	U ₂ O ₈															-0.0437	
56	UO ₂															-0.0133	
57	O ₂															0	
58	NO ₂															7.3826	
59	NO															0.0633	
61	NH ₃															-0.1324	
62	Q _{heating}	291.0394	-149,630.35	5,289.30	-133867.204	119.4008	219.8696	333.1359	1057.106	1029.13	14743.94	67.0718	4384.064	440.9025			
	Total		-63,346.86		-63,346.86		-259053.0797		-259053		-1587028.243		-1587028		-48056.9	-48056.9434	

4.6 DIAGRAM ALIR KUALITATIF DAN KUANTITATIF

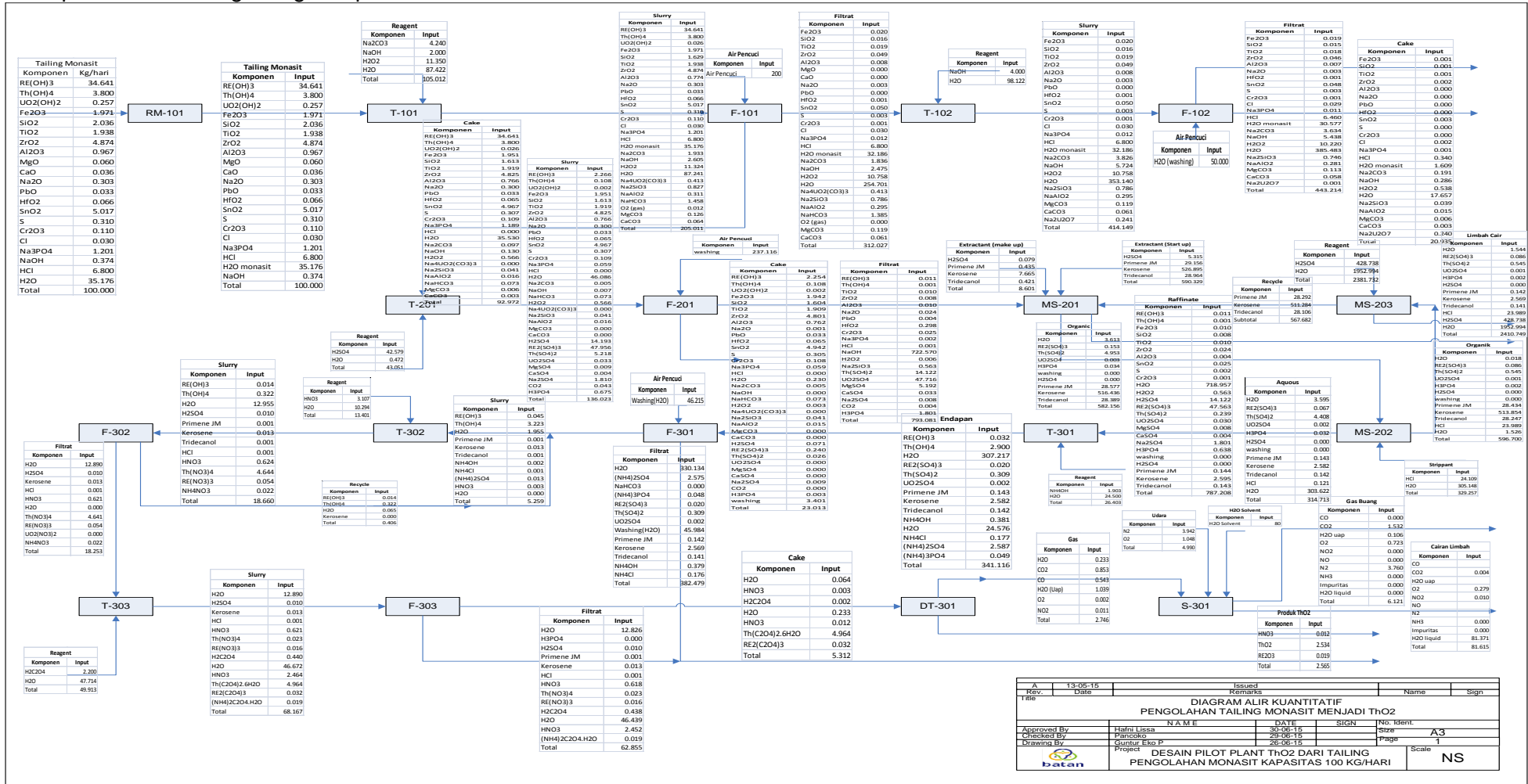
Diagram alir kualitatif merupakan blok diagram yang dilengkapi dengan kondisi proses untuk memudahkan memahami alur proses dan kondisi prosesnya pada waktu membuat PFD. Hasil pembuatan diagram alir kualitatif ada pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Kualitatif Pengolahan Tailing Monasit menjadi ThO₂



Gambar 3. merupakan blok diagram yang dilengkapi dengan neraca massa di setiap alat proses untuk memudahkan memahami alur neraca alat pada waktu menghitung alat proses.



Gambar 3. Diagram alir Kuantitatif Pengolahan Tailing Monasit Menjadi ThO₂

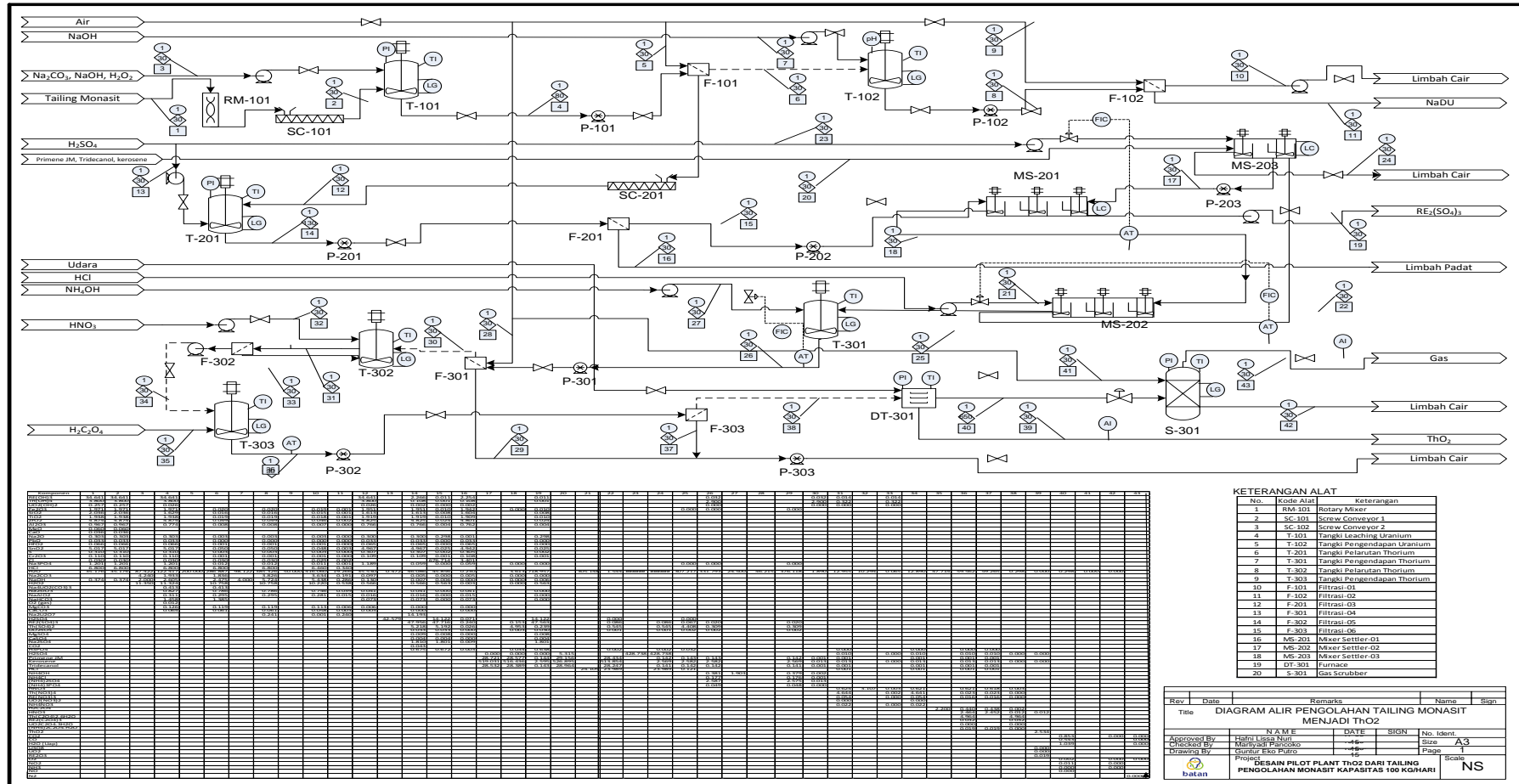
4.7 PERHITUNGAN ALAT UTAMA PROSES

Tabel 6. Hasil perhitungan alat utama

No	NAMA ALAT	KODE ALAT	UKURAN ALAT					PENGADUK		
			Panjang	Diameter/Lebar	Tinggi	Tebal	Bahan	Diameter	Speed	Hp motor
			(cm)	(cm)	(cm)	(in)		(cm)	(rpm)	
1	ROTARY MIXER	RM-101	57,60	57,60	-	0,25	Carbon Steel	-	108	0,5
2	SCREW CONVEYOR	SC-101	55	15,24	-	0,5	Carbon Steel	-	-	0,00001
3	TANGKI LEACHING URANIUM	T-101	-	47,70	95,40	0,25	SS 304L	16	480	0,5
4	FILTER 01	F-101	-	50	10	0,25	SS 304L	-	-	0,5
5	SCREW CONVEYOR	SC-102	55	15,24			Carbon Steel	-	-	0,00001
6	TANGKI PENGENDAPAN U	T-102	-	68	136	0,25	SS 304L	23	360	1
7	FILTER 02	F-102	-	50	10	0,25	SS 304L			0,5
8	TANGKI PELARUTAN Th	T-201	-	51	76,50	0,125	SS 316L	16,50	300	0,5
9	FILTER 03	F-201	-	20,80		0,25	SS 316L		10000	
10	MIXER-SETTLER Ekstraksi Th	MS-201								
	a. MIXER		31	31	61	0,1875	SS 316L	-	500	5
	b. SETTLER		43	31	62	0,1875	SS 316L	-	-	-
11	MIXER-SETTLER Stripping	MS-202								
	a. MIXER		31	31	62	0,1875	SS 316L	-	500	5
	b. SETTLER		54	54	62	0,1875	SS 316L	-	-	-
12	MIXER-SETTLER Regenerasi Solvent	MS-203								
	a. MIXER		40	40	80	0,1875	SS 316L	-	300	3
	b. SETTLER		25	40	80	0,1875	SS 316L	-	-	-
10	TANGKI PENGENDAPAN Th	T-301	-	67	101	0,25	SS 304L	-	420	1,0
11	FILTER 04	F-301	-	82	82	0,25	SS 304L	-	-	1,0
12	TANGKI PELARUTAN Th	T-302	-	22,50	22,50	0,25	SS 316L	-	420	0,5
13	FILTER 05	F-302	-	28	28	0,25	SS 316L	-	1200	1,0
14	TANGKI PENGENDAPAN Th	T-303	-	53	35	0,25	SS 316L	-	780	1,0
15	FILTER 06	F-303	-	46	46	0,25	SS 316L	-	1200	1,0
16	FURNACE DEKOMPOSISI THERMAL	DT-301	115	85	150	0,25	SS 304L	-	-	-
17	SCRUBBER	S-301	-			0,25	SS 304L	-	-	-

4.7 Process Flow Diagram (PFD)

Proses Flow Diagram (PFD) dibuat berdasarkan pengembangan Blok diagram proses yang dilengkapi dengan simbol alat untuk setiap proses, nomor arus, kondisi proses dll (Gambar 4).



Gambar 4. Proses Flow Diagram (PFD) Pengolahan Tailing Monasit Menjadi ThO₂

4.8 PRELIMINARY P&ID DAN PLOT PLANT

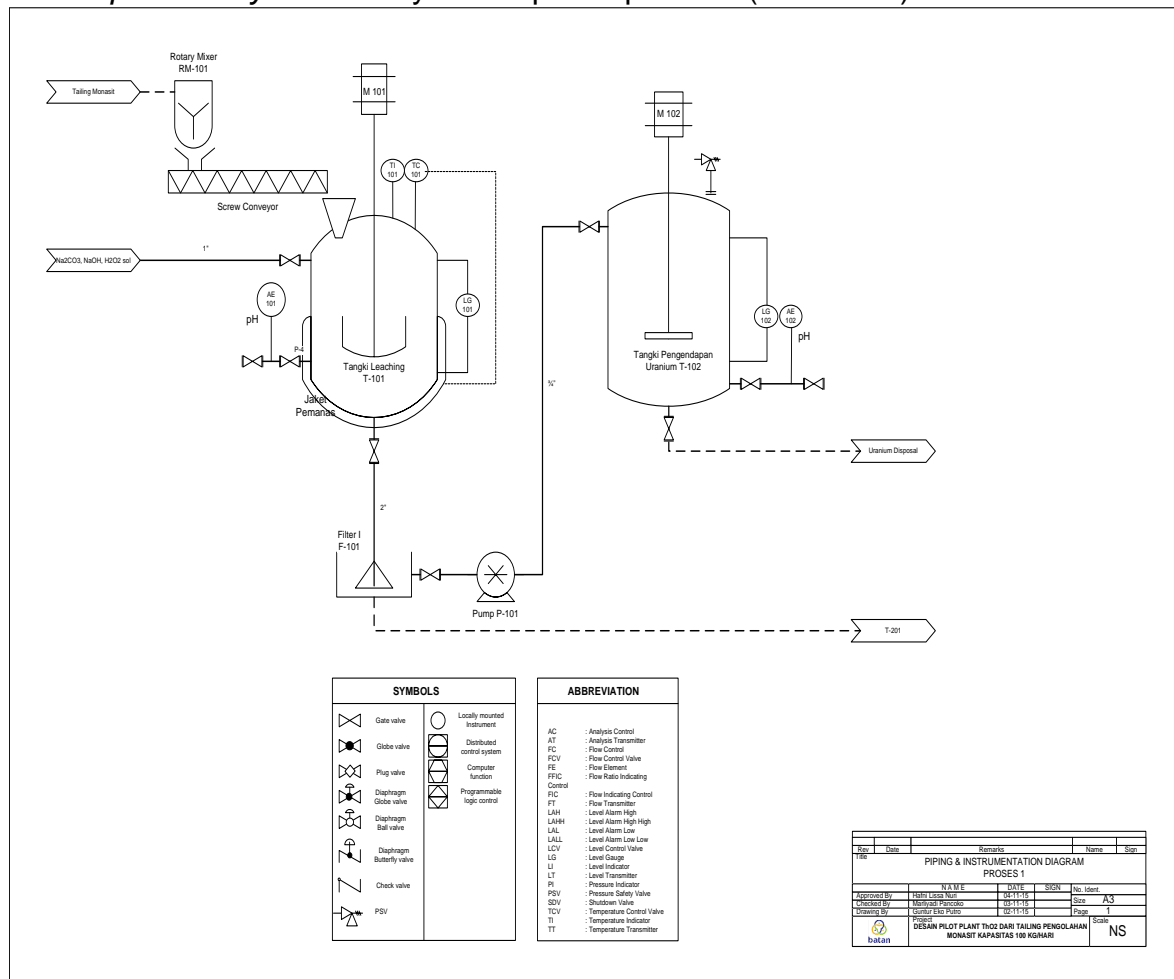
Preliminary P&ID merupakan diagram yang menerangkan alur proses yang digambarkan dengan menggunakan simbol alat, dilengkapi kontrol dan nomor lokasi.

Sedangkan *plot plant* 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 :

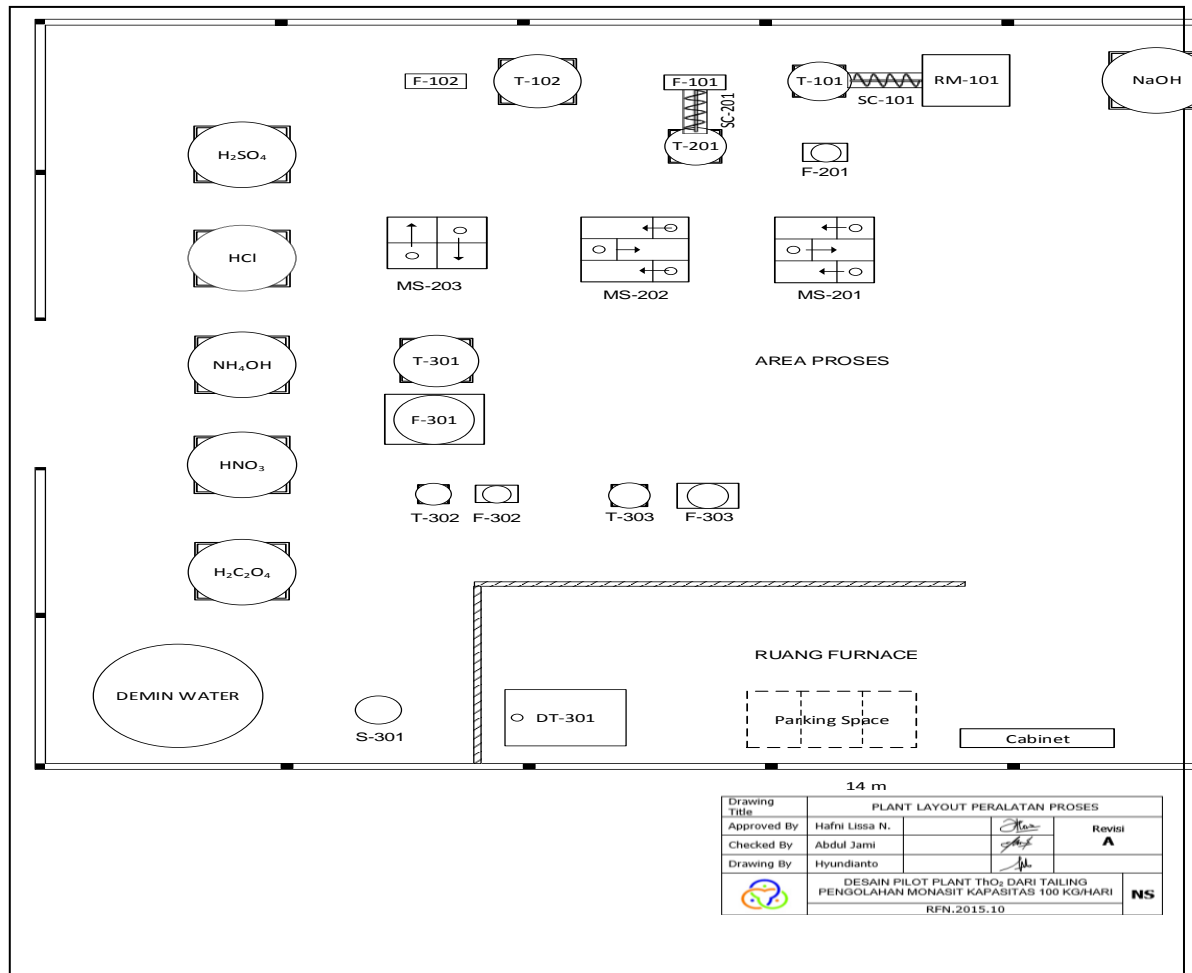
- P&ID* proses 1 yang meliputi alat *rotary mixer*, tangki *leaching*, filter, tangki pengendapan.
- P&ID* proses 2 yang meliputi alat tangki pelarutan, filter dan *mixer settler*.
- P&ID* proses 3 yang meliputi alat tangki pengendapan $\text{Th}(\text{OH})_4$, filter, tangki pelarutan Th, tangki pengendapan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

Untuk *preliminary P&ID* hanya ditampilkan proses I (Gambar 5)



Gambar 5. *Preliminary P&ID* Proses 1 pada Pengolahan Tailing Monasit Menjadi ThO_2

PRELIMINARY PLOT PLANT



5. KESIMPULAN

Dari hasil kegiatan desain *pilot plant* tahap I pengolahan monasit menjadi ThO₂ kapasitas 100 kg/hari menghasilkan dokumen *basic* desain yang berisi data *properties* umpan dan produk, blok diagram proses, deskripsi proses, diagram alir kualitatif dan kuantitatif, neraca massa dan energi, *process flow diagram*, hasil perhitungan alat, *Preliminary plot plant* dan *P&ID*. *Basic* desain tersebut akan dilanjutkan pada tahun berikutnya sehingga akan diperoleh *basic* desain yang lengkap. *Pilot plant* monasit perlu didirikan di Indonesia karena didukung oleh keberadaan cadangan monasit yang melimpah untuk mendukung kemandirian bangsa dalam menyediakan bahan baku untuk keperluan industri dan energi secara nasional.

6. DAFTAR PUSTAKA

1. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, "Thorium Fuel Cycle ", IAEA-TEC.DOC 1450, Austria, Mei 2005.
2. Soeprapto T., Bambang S., Ngadenin, "Tinjauan Sumberdaya Monasit Di Indonesia Sebagai Pendukung Litbang/Industri Superkonduktor", Prosiding Seminar Iptek Nuklir Dan Pengelolaan Sumberdaya Tambang, PPBGN BATAN, Jakarta, 02 Mei 2002.
3. Achdiyat A., Ferry Y., Sakri, Roosmariharso, Drajat I., "Telaah Penguatan Struktur Industri Pemetaan Potensi Logam Tanah Jarang Di Indonesia", Kementerian Perindustrian, Jakarta, Desember 2014.
4. Buku Putih, " Penelitian, Pengembangan, dan Penerapan IPTEK 2005-2025", Kementerian Riset Dan Teknologi Bidang Teknologi Energi, Jakarta, Nopember 2010.
5. Bambang G.S., Prayitno, Hafni L.N., M.Pancoko, Naek N., "Preliminary Design Pabrik Yellow Cake dari Uranium Hasil samping Pabrik Fosfat Kapasitas 60 Ton U_3O_8 /Tahun", Laporan Akhir, PRFN BATAN, Serpong, 24 Oktober 2011.
6. Cuthbert F.L., " Thorium Production Technology", Addison Wesley Publishing Company Inc., Massachusetts, USA, September 1958.
7. Hafni LN., Faizal R., Susilaningtyas, Sugeng W., Erni RA, " Aplikasi Peralatan Proses Monasit Skala Laboratorium untuk Pengolahan Monasit Bangka Menjadi Rare Earth Dengan Kapasitas 1 Kg/hari", Prosiding Seminar Geologi Nuklir dan Sumberdaya Tambang, PPBGN BATAN, Jakarta, 22 September 2004.
8. A Rahim. A.M. "An Innovative Method for Processing Egyptian Monazite", Alexandra University, Egypt, Juni 2002.
9. Aly M, Abdel-Rehim, "An Innovative Method For Processing Egyptian Monazite", Elsevier, Hydrometallurgy, Egypt, 17 juni 2002.
10. Y.A. El-Nadi, J.A. Daoud H.F. Aly, "Modified Leaching And Extraction Of Uranium From Hydrous Oxide Cake Of Egyptian Monazite", Elsevier, Hydrometallurgy, Egypt, 25 Oktober 2004.
11. Burke T.J. "The Characterization of Commercial Thorium Oxide Powders", Bettis Atomic Power Laboratory, Pennsylvania, May 1982.
12. Perry. H., "Perry's Chemical Engineers Handbook", 7th ed, McGraw - Hill Companies, Inc., 1997.
13. Wikipedia, "Properties of Material ", <http://wikipedia.com>, diakses 8 Februari- 30 September 2014.