

DESAIN ELECTRIC FURNACE UNTUK PROSES DEKOMPOSISI THERMAL THORIUM OXALATE HEXAHYDRATE

Abdul Jami, Prayitno
Pusat Rekayasa Fasilitas Nuklir – BATAN
Kawasan Puspiptek Serpong Gedung 71 Lt.II, Tangerang Selatan 15310

ABSTRAK

DESAIN ELECTRIC FURNACE UNTUK PROSES DEKOMPOSISI THERMAL THORIUM OXALATE HEXAHYDRATE. Pilot plant ThO_2 dari tailing pengolahan monasit kapasitas 100 kg/hari merupakan proses untuk mengambil thorium dalam bentuk oksida ThO_2 yang terdiri dari 3 tahap proses, yaitu proses preparasi, proses ekstraksi dan proses dekomposisi thermal. Salah satu alat yang diperlukan dalam proses dekomposisi thermal adalah electric furnace. Telah dilakukan perhitungan teknis dalam rangka desain electric furnace. Bentuk electric furnace adalah rectangular dengan volume desain ruang furnace $0,3 m^3$. Adapun dimensi furnace adalah kedalaman 0,9 m, lebar 0,6 m dan tinggi 0,6 m, material konstruksi SS-316L, isolator dari batu tahan api dengan tebal 3 inci dan total daya listrik yang diperlukan adalah 20 kW.

Kata kunci: Dekomposisi thermal, ThO_2 , Tailing, Isolator

ABSTRACT

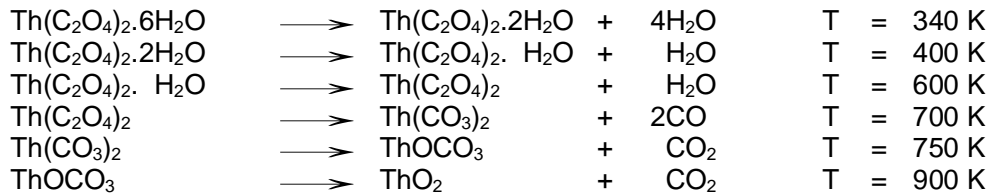
DESIGN OF ELECTRIC FURNACE FOR THERMAL DECOMPOSITION PROCESS OF THORIUM OXALATE HEXAHYDRATE. Pilot plant of ThO_2 from tailing monazite processing with capacity of 100 kg/day is a process for recovering thorium ThO_2 that consists of 3 process stages: preparation process, extraction process and thermal decomposition process. One of equipments required in the thermal decomposition is electric furnace. In order to design the electric heating furnace engineering calculations are performed. The type of the electric furnace is rectangular with volume chamber is $0,3 m^3$. The dimension is 0,9 m in depth, 0,6 m in width and 0,6 m in height. Construction material is SS-316L, isolator from firebrick is 3 inch and of thickness total power required is 20 kW.

Key words: Thermal decomposition, ThO_2 , Tailing, Isolator

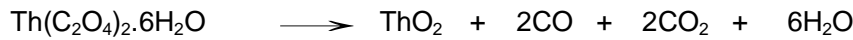
1. PENDAHULUAN

Desain *pilot plant* ThO_2 dari tailing pengolahan monasit kapasitas 100 kg/hari merupakan salah satu proses untuk mengambil thorium dari senyawa *thorium oxalate hexahydarte* dalam bentuk oksida ThO_2 . Ada tiga tahap proses yaitu: proses preparasi, proses ekstraksi dan proses dekomposisi *thermal*.

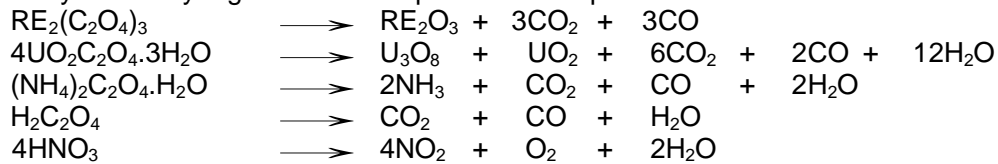
Proses dekomposisi *thermal* adalah proses pemanasan endapan *thorium oxalate hexahydarte* $Th(C_2O_4)_2 \cdot 6H_2O$ menjadi *thorium dioxide* yang dilakukan dalam *electric furnace* hingga bersuhu $650 \text{ }^\circ\text{C}$. Selama pemanasan terjadi dua proses yaitu proses pengeringan dan proses dekomposisi^[1], oleh karena itu pemanasan dilakukan secara bertahap dimulai dari suhu 300 K lalu dinaikan menjadi 340 K, 400 K sampai 600 K dengan tujuan untuk melepaskan senyawa *hydrate* (H_2O), lalu dinaikan lagi menjadi 700 K, 750 K dan terakhir 923 K dengan tujuan untuk melepaskan karbon dalam bentuk gas CO dan CO_2 . Pemanasan dilakukan pada tekanan atmosfer dengan *heating rate* 5 K/menit [2]. Mekanisme reaksi yang terjadi pada proses dekomposisi *thermal* sebagai berikut¹: Senyawa *thorium oxalate hexahydarte* [2].



Reaksi secara keseluruhan dekomposisi *thermal thorium oxalate hexahydrate*



Senyawa lain yang ikut terdekomposisi selama pemanasan^{[4],[5]} adalah

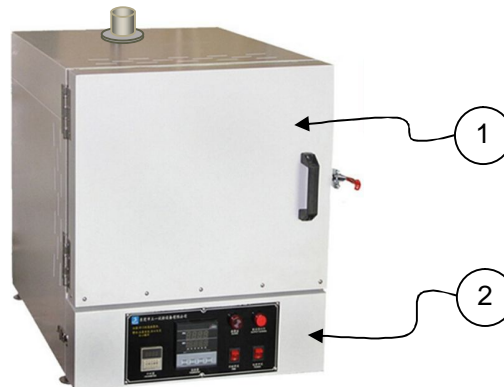


Peralatan yang digunakan untuk proses dekomposisi *thermal* adalah *electric furnace*. Pada kegiatan ini akan dilakukan perhitungan teknis guna mendapatkan spesifikasi teknis *electric furnace* yang dititik beratkan pada dimensi *furnace*, bentuk, tebal isolasi dan daya listrik yang digunakan.

Perhitungan teknis *electric furnace* adalah merupakan bagian dari kegiatan “Desain *Pilot Plant ThO₂* Dari Tailing Pengolahan Monasit Kapasitas 100 kg/Hari” di lingkungan PRFN–BATAN Serpong periode kegiatan kerekyasaan tahun 2015.

2. DASAR TEORI

Electric furnace merupakan peralatan yang digunakan untuk proses dekomposisi *thermal* senyawa *thorium oxalate hexahydrate* menjadi *thorium dioksida*. *Electric furnace* berbentuk *rectangular* seperti tampak pada gambar 1.



Gb. 1. *Electric Furnace*

Keterangan Gambar

1. *Furnace*
2. Kontrol Panel

Perhitungan teknis *electric furnace* untuk proses dekomposisi *thermal* meliputi volume ruang *furnace*, dimensi ruang *furnace*, dimensi *body furnace* dan dimensi *tray*. Perhitungan teknis kebutuhan tenaga listrik dengan beberapa persamaan sebagai berikut:

2.1 Menentukan Volume Ruang Furnace (V_{Desain})

Ruang *furnace* yaitu ruang *heat treating* yang digunakan untuk proses pemanasan endapan *thorium oxalate hexahydrate*. Ruang *furnace* sebagian besar adalah gas hasil proses dekomposisi, sehingga volume desain ruang *furnace* dapat ditentukan dengan menggunakan beberapa persamaan berikut:

$$PV = nRT \dots\dots\dots(1)$$

$$\rho = \frac{m}{V} \dots\dots\dots(2)$$

$$n = \frac{m}{M} \dots\dots\dots(3)$$

Substitusi pers. (1), (2) dan (3) di atas diperoleh persamaan masa jenis dan volume gas sebagai berikut:

$$\rho_{Gas} = \frac{PM}{RT} \dots\dots\dots(4)$$

$$V_{Furnace} = \frac{\Sigma V_{Gas} + \Sigma V_{Solid}}{V_{Desain}} \dots\dots\dots(5)$$

$$V_{Desain} = V_{Furnace} (1 + FD) \dots\dots\dots(6)$$

dengan

- n : mol gas
- R : konstanta gas ideal (8314 N.m/kmol.K)
- M : masa molekul
- P : tekanan gas (Pa)
- T : suhu mutlak gas (K)
- m : masa komponen (kg)
- ρ : masa jenis (kg/m^3)
- V : volume (m^3)
- FD : Faktor Desain

2.2 Menentukan Dimensi *Furnace*

Perhitungan teknis untuk menentukan dimensi *furnace* meliputi dimensi ruang *furnace*, dimensi *tray* dan dimensi *body furnace*.

2.2.1 Dimensi Ruang *Furnace*

Dimensi ruang *furnace* meliputi lebar (W), dalam (D) dan tinggi (H) dengan perbandingan 2 : 3 : 2 yang dapat ditentukan dengan persamaan berikut^[2]:

$$V_{Desain} = W \times D \times H \dots\dots\dots(7)$$

2.2.2 Dimensi *Tray*

Tray adalah tempat untuk menampung endapan *thorium oxalate hexahydrate* dalam ruang *furnace*. Dimensi *tray* menyesuaikan dengan ruang *furnace* khususnya dimensi sisi dasar yaitu lebar (W) dan dalam (D). Dimensi dan tebal endapan dalam *tray* ditentukan dengan menggunakan persamaan berikut:

Luas permukaan *tray* (A)

$$A = W \times D \dots\dots\dots(8)$$

Tebal endapan (d)

$$d = \frac{V_{\text{endapan}}}{A} \dots\dots\dots(9)$$

2.2.3 Dimensi *Body Furnace*

Dengan mempertimbangkan adanya bahan isolator penyerap panas dengan tebal *t*, elemen listrik dan dimensi ruang *furnace*, maka dimensi *body furnace* dapat diestimasi dengan menggunakan persamaan berikut

$$W_F = W + 2 \times t \dots\dots\dots(10)$$

$$D_F = D + 2 \times t \dots\dots\dots(11)$$

$$H_F = H + 2 \times t \dots\dots\dots(12)$$

dengan

W_F : lebar *furnace*

D_F : dalam *furnace*

H_F : tinggi *furnace*

2.3 Menentukan Power Listrik

Power listrik yang diperlukan dalam proses dekomposisi *thermal* terdiri dari tiga komponen *power*^[3] yaitu: *power* untuk proses pemanasan (*Process Heat*), *power* untuk mengantisipasi panas yang hilang ke sekeliling *area furnace* (*Heat Loss*) dan *power* yang diserap oleh bahan isolator (*heat storage*)^[3]. Persamaan *power* yang digunakan sebagai berikut:

$$H_P = m \times C_p \times \Delta T \dots\dots\dots(13)$$

$$H_L = \text{Heat Loss/m}^2 \times \text{Luas area furnace} \dots\dots\dots(14)$$

$$H_S = \text{Heat Storage/m}^2 \times \text{Luas area furnace} \dots\dots\dots(15)$$

$$P_T = H_P + H_L + H_S \dots\dots\dots(16)$$

dengan

H_P : *Process Heat*

H_L : *Heat Loss*

H_S : *Heat Storage*

P_T : *Total Power*

3. PERHITUNGAN TEKNIS

Perhitungan teknis *electric furnace* yang meliputi volume ruang *furnace*, dimensi ruang *furnace*, dimensi *tray* dan dimensi *body furnace* dengan pemanasan secara bertahap dari suhu 30 °C (303 K) sampai 650 °C (923 K) dan perhitungan *power* listrik yang dibutuhkan meliputi *process heating*, *heat loss* dan *heat storage*.

3.1 Penentuan Volume Ruang *Furnace* (V_{Desain})

Volume ruang *furnace* tergantung pada volume gas yang terbentuk selama proses dekomposisi *thermal*. Proses pemanasan senyawa *thorium* dilakukan secara bertahap dengan tiga temperatur proses yaitu 180 °C selama 2 jam, 380 °C selama 2 jam dan 650 °C selama 4 jam^[1] pada tekanan atmosfer dengan *heating rate* 5 K/menit.

Dengan menggunakan pers. (4 – 6) volume desain ruang *furnace* dapat ditentukan dengan hasil perhitungan seperti tampak pada tabel 1 (ref. TN04.WP3-3.WBS1. RFN2015.10). Volume ruang *furnace* mengacu pada volume gas yang terbentuk pada 15 menit pertama, dimana pada suhu dan volume tersebut tekanan gas tidak jauh diatas 1 atm.

Tabel 1. Data Pembentukan Gas Pada Proses Dekomposisi *Thermal*

Komponen	30 °C – 180 °C			180 °C -380 °C			380 °C – 650 °C		
	m (kg)	ρ kg/m ³	Volume (m ³)	m (kg)	ρ kg/m ³	Volume (m ³)	m (kg)	ρ kg/m ³	Volume (m ³)
CO	4.36E-03	0.7432	5.86E-03				4.85E-01	0.3649	1.33E+00
CO ₂	6.92E-03	1.1694	5.92E-03				7.62E-01	0.3649	1.90E-02
H ₂ O	1.42E+00	0.4805	2.95E+00	8.66E-03	0.3323	2.60E-02	2.62E-06	0.3649	3.89E+00
O ₂	1.80E-03	0.8493	2.12E-03	3.88E-07	0.5891	6.59E-07			
NO ₂	0.0102	1.2245	8.33E-03						
NO	2.10E-05	0.7961	2.64E-05						
NH ₃	4.90E-05	0.453	1.08E-04						
RE ₂ O ₃							0.0134	4810	2.79E-06
ThO ₂							2.2849	10000	2.28E-04
U ₃ O ₈							1.00E-05	7310	1.37E-09
UO ₂							3.30E-06	10970	3.01E-10
Total	1.4414		2.97E+00	8.66E-03		2.61E-02	3.54		5.23E+00

Lama proses pemanasan dari suhu 30 °C sampai suhu 180 °C.

$$\begin{aligned}
 t_1 &= (180 - 30)/5 \\
 &= 30 \text{ menit} \\
 &= 0,5 \text{ jam} \\
 t_{180^\circ\text{C}} &= 1,5 \text{ jam} & t_{\text{total-1}} &= 2 \text{ jam} \\
 V_{180^\circ\text{C}} &= 2,97 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Lama proses pemanasan dari suhu 180 °C sampai suhu 380 °C.

$$\begin{aligned}
 t_2 &= (380 - 180)/5 \\
 &= 40 \text{ menit} \\
 &= 0,33 \text{ jam} \\
 t_{380^\circ\text{C}} &= 1,67 \text{ jam} & t_{\text{total-2}} &= 2 \text{ jam} \\
 V_{380^\circ\text{C}} &= 0,026 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Lama proses pemanasan dari suhu 380 °C sampai suhu 650 °C.

$$\begin{aligned}
 t_3 &= (650 - 380)/5 \\
 &= 54 \text{ menit} \\
 &= 0,9 \text{ jam} \\
 t_{650^\circ\text{C}} &= 3,1 \text{ jam} & t_{\text{total-3}} &= 4 \text{ jam} \\
 V_{650^\circ\text{C}} &= 5,23 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Massa umpan dalam <i>furnace</i>	m	=	4,995	kg
Total waktu dekomposisi <i>thermal</i>	t	=	8	jam
		=	480	menit
Total volume gas yang terbentuk	V	=	2,97 + 0,026 + 5,23	m ³
		=	8,23	m ³
Laju volume gas per menit		=	8,23 / 480	m ³ /menit
		=	0,017	m ³ /menit
Untuk proses 15 menit	V _{gas}	=	0,255	m ³
Faktor Desain	FD	=	20 %	
Volume Desain	V _{Desain}	=	0,255 x 1,2	m ³
		=	0,3	m ³

3.2. Penentuan Dimensi Ruang *Furnace*

Dimensi ruang *furnace* menyesuaikan dengan volume desain hasil perhitungan yaitu 0,3 m³. Dimensi meliputi kedalaman (D), lebar (W) dan tinggi (H) ditentukan menggunakan pers. (7) dengan perhitungan sebagai berikut.

$$\text{Perbandingan dimensi} \quad W : D : H = 2p : 3p : 2p$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume perbandingan} & V_p = 12 p^3 \\
 \text{Volume desain} & V_{\text{Desain}} = 0,3 \quad \text{m}^3 \\
 & V_p = V_{\text{Desain}} \\
 \text{Dari hasil perhitungan diperoleh} & p = 0,3 \\
 \text{Dengan demikian} & W = 0,6 \quad \text{m} \\
 & H = 0,6 \quad \text{m} \\
 & D = 0,9 \quad \text{m}
 \end{aligned}$$

Dimensi ruang *furnace* ditetapkan 0,6 m x 0,6 m x 0,9 m

3.3. Penentuan Dimensi Tray

Dimensi *tray* menyesuaikan dengan luas permukaan bagian dasar ruang *furnace* dan tebal tergantung pada volume *thorium oxalate hexahydrate*. Dengan menggunakan pers. (8) dan (9) diperoleh hasil perhitungan sebagai berikut.

Tabel 2. Data Komponen Umpan Dalam *Furnace*

Komponen	Jumlah (kg)	ρ (kg/m ³)	Volume (m ³)	x Fraksi	x. ρ
Th(NO ₃) ₄	0.0001	2810	3.56E-08	1.62E-05	4.54E-02
RE(NO ₃) ₃	6.0E-06	4810	1.25E-09	5.67E-07	2.73E-03
UO ₂ (NO ₃) ₂	1.0E-08	2810	3.56E-12	1.62E-09	4.54E-06
H ₂ C ₂ O ₄	0.0032	1900	1.68E-06	7.65E-04	1.45E+00
H ₂ O	0.4895	1000	4.90E-04	2.22E-01	2.22E+02
HNO ₃	0.0140	1530	9.15E-06	4.16E-03	6.36E+00
RE ₂ (C ₂ O ₄) ₃	0.0221	4810	4.59E-06	2.09E-03	1.00E+01
Th(C ₂ O ₄) ₂ .6H ₂ O	4.4656	2633	1.70E-03	7.70E-01	2.03E+03
UO ₂ C ₂ O ₄ .3H ₂ O	2.0E-05	2810	7.12E-09	3.23E-06	9.08E-03
(NH ₄) ₂ C ₂ O ₄ .H ₂ O	2.0E-04	1577	1.27E-07	5.76E-05	9.08E-02
Impuritas	3.3E-04	1000	3.30E-07	1.50E-04	1.50E-01
Jumlah	4.995		2.20E-03	1	2268.993

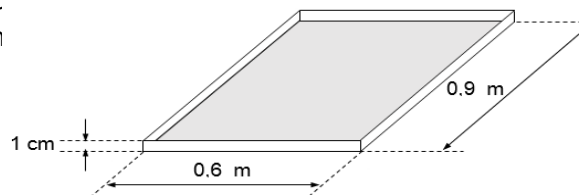
$$\begin{aligned}
 \text{Massa jenis campuran} \quad \rho & = 2269 \quad \text{kg/m}^3 \\
 \text{Massa umpan masuk } \textit{furnace} & = 4,995 \quad \text{kg} \\
 \text{Volume umpan dalam } \textit{tray} \quad V_{\text{endapan}} & = 0,0022 \quad \text{m}^3 \\
 & = 2200 \quad \text{cm}^3 \\
 \text{FD} & = 20 \% \\
 V_{\text{Tray}} & = 2200 \times 1,2 \\
 & = 2640 \quad \text{cm}^3
 \end{aligned}$$

Sesuai hasil perhitungan di atas, dimensi ruang *furnace* berukuran 0,6 m x 0,6 m x 0,9 m. Sehingga dimensi *tray* yang digunakan berukuran 0,6 m x 0,9 m.

$$\begin{aligned}
 \text{Luas Tray} \quad A & = 60 \times 90 \\
 & = 5400 \quad \text{cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Tebal Endapan } d & = 2640/5400 \\
 & = 0,5 \quad \text{cm} = 5 \quad \text{mm}
 \end{aligned}$$

Karena terlalu tebal maka digunakan 2 buah *tray* sehingga tebal endapan dalam masing-masing *tray* 1 cm.



Gambar 2. Dimensi Tray

3.4 Penentuan Dimensi Body Furnace

Dengan mempertimbangkan adanya bahan isolasi yaitu batu tahan api dengan tebal standar 3" (7,62 cm), maka dimensi *body furnace* yang meliputi dalam (D_F), lebar (W_F) dan tinggi (H_F) dapat ditentukan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Dalam furnace} \quad D_F &= 90 + 2 \times 7,62 = 105,24 \text{ cm} \\ \text{Lebar furnace} \quad W_F &= 60 + 2 \times 7,62 = 75,24 \text{ cm} \\ \text{Tinggi furnace} \quad H_F &= 60 + 2 \times 7,62 = 75,24 \text{ cm} \end{aligned}$$

Dimensi *body furnace* ditetapkan 0,76 m x 0,76 m x 1,06 m

3.5 Penentuan Power Listrik Furnace

Power listrik untuk proses dekomposisi *thermal* senyawa *thorium* menggunakan pers. (13 – 16) dengan urutan perhitungan sebagai berikut:

3.5.1 Power Process Heat (H_p)

Power process heat adalah panas yang diperlukan hanya untuk memanaskan umpan selama satu siklus proses pemanasan dalam *electric furnace*.
Berat umpan masuk $m = 4,995 \text{ kg}$
Satu siklus dalam *furnace* = 8 Jam

Tabel 3. Perhitungan Neraca Energi *Electric Furnace*

KOMPONEN	ΔH_f (kJ/mol)	C_p (kJ/kmol.K)	INPUT 30 °C			OUTPUT 650 °C		
			Reaksi kmol	ΔH kJoule	Q kJoule	Hasil Reaksi kmol	ΔH kJoule	Q kJoule
Th(NO3) ₄	-1269.12	96.536	2.08308E-07	-0.2644	0.0001			
RE(NO3) ₃	-1309.55	361.2	1.8305E-08	-0.0240	0.0000			
UO ₂ (NO3) ₂	-1462.56	302.4	2.53781E-11	0.0000	0.0000			
HNO ₃	-174.1	109.9	0.000221676	-38.5937	0.1218			
H ₂ C ₂ O ₄	-817.32	119.26	3.54366E-05	-28.9630	0.0211			
H ₂ O	-286	75.4	0.027194444	-7777.6111	10.2523			
Th(C ₂ O ₄) ₂ .6H ₂ O	-4372.49	807.72	0.008653593	-37837.7477	34.3484			
RE ₂ (C ₂ O ₄) ₃	-4026.46	299.04	4.03565E-05	-162.4936	0.0603			
UO ₂ C ₂ O ₄ .3H ₂ O	-2789.68	368.16	5.33916E-08	-0.1489	0.0001			
(NH ₄) ₂ C ₂ O ₄ .H ₂ O	-1123	226	1.40825E-06	-1.5815	0.0016			
CO	-110.5	32.4				1.7464E-02	-1929.8036	353.3453
CO ₂	-393.5	53.1				1.7466E-02	-6872.8352	579.4978
H ₂ O uap	-241.8	39.9				7.9261E-02	-19165.3367	1976.5812
RE ₂ O ₃	-1793.7	116.0				4.0408E-05	-72.4793	2.9298
ThO ₂	-1226.4	81.0				8.6540E-03	-10613.2734	437.9704
U ₃ O ₈	-3574.8	238.4				1.2232E-08	-0.0437	0.0018
UO ₂	-1085	63.6				1.2221E-08	-0.0133	0.0005
O ₂	0	34.8				5.5844E-05	0.0000	1.2146
NO ₂	33.2	37.2				2.2237E-04	7.3826	5.1700
NO	91.3	33.9				6.9333E-07	0.0633	0.0147
NH ₃	-46.032	52.6				2.8765E-06	-0.1324	0.0945
				-45847.4280	45.4058		-38646.4717	3356.8206
				-45802.0222			-35289.6511	

$$\begin{aligned} \Delta H_{\text{Overall}} &= -35289,6511 - (-45802,0222) \\ &= 10512,3712 \text{ kJoule} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Process Heat} \quad H_p &= m \times c \times \Delta T \\ &= \Delta H_{\text{Overall}} \\ &= 10512,3712 \text{ kJoule} \end{aligned}$$

$$= 10512,3712/8/3600$$

$$= 0,365 \quad \text{kW}$$

3.5.2 Heat Loss (H_L)

Heat loss adalah panas yang hilang karena panas yang terserap oleh permukaan ruang *furnace* dengan kapasitas *heat loss* 275 Btu/ft².hr^[3].

$$\begin{aligned} \text{Luas Permukaan } A &= 2(90 \times 60 + 90 \times 120 + 60 \times 120) \quad \text{cm}^2 \\ &= 46800 \quad \text{cm}^2 \\ &= 4,68 \quad \text{m}^2 \\ &= 50 \quad \text{ft}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas Heat Loss} &= 275 \quad \text{Btu/ft}^2.\text{hr} \\ \text{Heat Loss } H_L &= 13750 \quad \text{Btu/hr} \\ &= 13750/3412 \quad \text{kW} \\ &= 4 \quad \text{kW} \end{aligned}$$

3.5.3 Heat Storage (H_S)

Heat Storage adalah panas yang tersimpan oleh isolasi dari bahan batu tahan api (*firebrick*) pada suhu 650 °C dengan kapasitas panas 6100 Btu/ft²^[3]. Lama proses dekomposisi *thermal* 8 jam.

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas Panas} &= 6100 \quad \text{Btu/ft}^2 \\ \text{Luas Permukaan} &= 50 \quad \text{ft}^2 \\ \text{Lama Pemanasan} &= 8 \quad \text{jam} \end{aligned}$$

Dengan menggunakan persamaan (15) diperoleh

$$\begin{aligned} \text{Heat Storage } H_S &= 6100 \times 50 \\ &= 305000 \quad \text{Btu} \\ &= 305000/3412 \\ &= 89 \quad \text{kW.hr} \\ &= 89/8 \\ &= 11,125 \quad \text{kW} \end{aligned}$$

3.5.4. Total Power Requirement (P_T)

Total *power* yang diperlukan adalah jumlah dari daya *process heating*, *heat loss* dan *heat storage*. Nilai ini adalah nilai *power minimum* yang diperlukan untuk proses dekomposisi *thermal* selama 8 jam.

$$\begin{aligned} \text{Total Power } P_T &= H_P + H_L + H_S \\ &= 0,365 + 4 + 11,125 \\ &= 15,49 \quad \text{kW} \\ \text{Faktor Desain } FD &= 20\% \end{aligned}$$

Dengan faktor desain 20% maka total *power* P_T menjadi 18,6 kW, untuk selanjutnya digunakan *power* standar 20 kW.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil perhitungan teknis desain *electric furnace* telah dilakukan dengan spesifikasi teknis sebagai berikut:

Dimensi Ruang Furnace

Dari hasil perhitungan di atas diperoleh volume desain ruang *furnace* $0,3 \text{ m}^3$ yang terdiri dari volume gas hasil proses dekomposisi *thermal* dan volume komponen padatan yang didominasi oleh senyawa *thorium dioxide* ThO_2 . Dimensi ruang *furnace* memiliki ukuran lebar 0,6 m, dalam 0,9 m dan tinggi 0,6 m.

Dimensi Tray

Dari hasil perhitungan di atas diperoleh luas permukaan *tray* $0,54 \text{ m}^2$ dengan dimensi dalam 0,9 m dan lebar 0,6 m. Tebal endapan yang ditempatkan dalam *tray* adalah 2,5 mm sehingga diperlukan 2 *tray* untuk memanaskan endapan senyawa *thorium oxalate hexahydrate*.

Dimensi Body Furnace

Ukuran *body furnace* tergantung pada tebal bahan isolator dan volume ruang *furnace*. Dari hasil perhitungan di atas diperoleh dimensi *body furnace* dengan ukuran panjang 1,06 m, dalam 0,76 m dan tinggi 0,76 m.

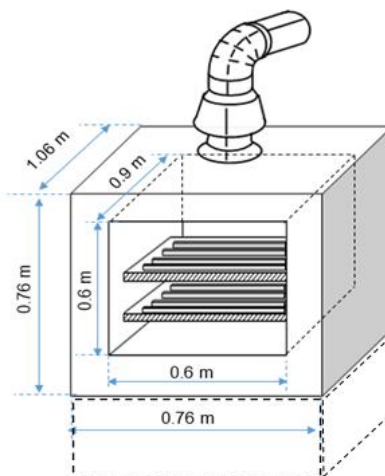
Dari data perhitungan teknis di atas volume ruang *furnace* $0,3 \text{ m}^3$ adalah volume untuk tekanan normal, maka untuk kebutuhan proses digunakan volume ruang *furnace* yang ada di pasar atau *special order* bila diinginkan ukuran yang sesuai dengan perhitungan. Material *body furnace* adalah SS-316 L dan material *tray* dari silika.

Power Listrik Yang Diperlukan

Power listrik yang diperlukan dalam proses dekomposisi *thermal* senyawa *thorium oxalate hexahydrate* sebagai berikut:

<i>Process Heat</i>	H_P	=	0,365	kW
<i>Heat Lost</i>	H_L	=	4	kW
<i>Heat Storage</i>	H_S	=	11,125	kW
Total Power	P_T	=	18,6	kW

Perhitungan total *power* menggunakan faktor desain 20% dan hasil ini digunakan sebagai dasar untuk menentukan pemilihan *electric furnace* yang ada di pasaran dengan *power standar* sebesar 20 kW. Desain konsep *electric furnace* ditunjukkan dalam gambar 3.



Gb. 3. Desain *Electric Furnace*

5. KESIMPULAN.

Dari hasil pembahasan dan perhitungan di atas diperoleh spesifikasi teknis *electric furnace* untuk proses dekomposisi *thermal* senyawa *thorium oxalate hexahydrate* sebagai berikut. Dimensi ruang *furnace* adalah $0,9 \times 0,6 \times 0,6 \text{ m}^3$. Dimensi *tray* adalah $0,9 \times 0,6 \text{ m}^2$ dengan material silika. Dimensi *body furnace* adalah $1,06 \times 0,76 \times 0,76 \text{ cm}^3$ dengan material SS-316L sedangkan material isolator yang digunakan adalah batu tahan api dengan tebal 7,62 cm. *Power* listrik yang dibutuhkan untuk proses dekomposisi *thermal* senyawa *thorium oxalate hexahydrate* adalah 20 kW.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Johnsson K.O., Winget R.H., 1959, *Pilot Plant Preparation of Thorium- And Thorium-Uranium Oxides*, Oak Ridge National Laboratory.
- [2]. S.Dash R, 2001, *Temperatue Programmed Decomposition of Thorium Oxalate Hexahydrate*, Metallurgy and Materials Group, Department of Atomic Energy, Indra Gandhi Centre for Atomic Research, Kalpakkam 603 102, TN, India.
- [3]. Richard L. Hexemer, 1995, *Design for Most Effective Electric Element Furnace Operation*, Cesiwid Inc. Global Division, Niagara Falls, NY 14302-0339
- [4]. CHARU AORORA CHUGH, 2011, *Kinetics and Mechanism of Thermal Decomposition of Uranyl Oxalate*, Asian Journal of Chemistry; vol. 23, No.4, 1865-1866.
- [5]. R.L.Frost & Matt L. Weier,2004, *The Cave Mineral Oxamite – A High Resolution Thermogravimetry and Raman Spectroscopic Study*, Inorganic Material Research Program, Queensland University of Technology, 2 george Street, Brisbane, GPO Box 2434, Queensland 4001, Australia