

DESAIN BASKET SENTRIFUGAL UNTUK PROSES FILTRASI SLURRY TORIUM HIDROKSIDA

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

ABSTRAK

DESAIN BASKET SENTRIFUGAL UNTUK PROSES FILTRASI SLURRY TORIUM HIDROKSIDA. Pilot plant ThO_2 dari tailing pengolahan monasit kapasitas 100 kg/hari merupakan proses untuk mengambil torium 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 untuk mendukung ketiga proses diatas adalah basket sentrifugal yang digunakan untuk proses filtrasi torium hidroksida. Telah dilakukan perhitungan teknis dalam rangka desain basket sentrifugal. Bentuk basket sentrifugal adalah silinder tegak dengan volume desain basket $0,23 m^3$. Adapun dimensi basket adalah diameter 1,2 m, tinggi 0,20 m. Beban maksimum 1800 kg, material konstruksi SS-316L, waktu filtrasi 96 detik dan total daya yang diperlukan 11 kW.

Kata kunci: Basket, Filtrasi, Sentrifugal, Torium Hidroksida

ABSTRACT

DESIGN OF BASKET CENTRIFUGE FOR FILTRATION PROCESS OF SLURRY OF THORIUM HYDROXIDE. 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 equipment's required for support in third process is basket centrifuge for filtration process of thorium hydroxide. In order to design the basket centrifuge engineering calculations are performed. The type of the basket centrifuge is vertical drum with volume basket is $0,23 m^3$. The dimension is 1,2 m in diameter, 0,20 m in height. Maximum load is 1800 kg, construction material is SS-316L, time of filtration is 96 second and total power required is 11 kW.

Key words: Basket, Filtration, Centrifuge, Thorium Hydroxide

1. PENDAHULUAN

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

Tahap proses dekomposisi thermal meliputi beberapa proses yaitu proses pembentukan torium hidroksida dalam tangki pengendapan dengan larutan amonium hidroksida, proses filtrasi pertama untuk mengambil endapan torium hidroksida, proses pelarutan torium hidroksida dengan pelarut asam nitrat membentuk larutan torium nitrat dalam tangki pelarutan, proses filtrasi kedua untuk mengambil larutan torium nitrat, proses pembentukan torium oksalat dalam tangki pengendapan dengan larutan pengendap asam oksalat, proses filtrasi ketiga untuk mengambil endapan torium oksalat, proses pemanasan endapan torium oksalat menjadi ThO_2 dalam electric furnace dan proses gas scrubbing untuk menyerap gas hasil proses pemanasan dengan tujuan agar konsentrasi gas khususnya CO , CO_2 dan NO_2 memenuhi standar baku mutu sebagai gas buang.

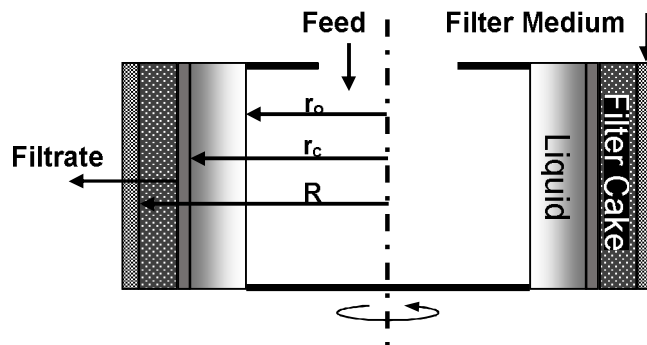
Salah satu peralatan pendukung proses di atas adalah basket sentrifugal yaitu proses filtrasi slurry torium hidroksida sebagaimana tersebut di atas dengan basket berbentuk silinder tegak atau drum. Pada kegiatan ini akan dilakukan perhitungan teknis

guna mendapatkan spesifikasi basket sentrifugal yang dititik beratkan pada dimensi, bentuk, waktu filtrasi dan kebutuhan total daya listrik agar dapat digunakan sebagai acuan untuk pengadaan basket sentrifugal dengan spesifikasi yang tidak terlalu jauh dari hasil perhitungan.

Perhitungan teknis basket sentrifugal yang telah dilakukan adalah merupakan salah satu bagian dari kegiatan rekayasa “Desain *Pilot Plant ThO₂* Dari Tailing Pengolahan Monasit Kapasitas 100 kg/Hari” di lingkungan Pusat Rekayasa Fasilitas Nuklir – BATAN Serpong periode kegiatan tahun 2015.

2. DASAR TEORI

Basket sentrifugal merupakan peralatan yang digunakan untuk proses filtrasi antara cairan dengan endapan pada *slurry* torium hidroksida *Th(OH)₄*. Basket sentrifugal berbentuk selinder tegak atau drum dengan prinsip proses filtrasi seperti tampak pada Gambar 1.

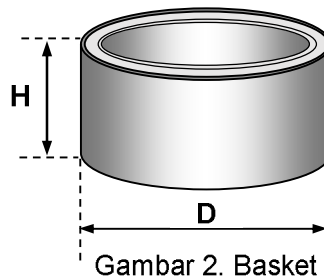


Gambar 1. Skema Proses Filtrasi Dalam Basket Sentrifugal

Bahan baku komponen umpan dimasukkan dalam ruang basket, dengan pengaruh gaya sentrifugal akibat dari putaran *basket*, cairan akan tertekan keluar secara radial sebagai filtrat melalui filter medium dan endapan akan tertahan sebagai *cake*^{[1],[2]}. Perhitungan teknis basket sentrifugal untuk proses filtrasi meliputi dimensi *basket*, densitas aliran, waktu filtrasi dan kebutuhan *power motor* listrik dengan beberapa langkah sebagai berikut:

2.1 Menentukan Dimensi Basket

Basket seperti tampak pada Gambar 2 adalah tempat untuk proses filtrasi *slurry* torium hidroksida. Dimensi *basket* dapat diperoleh dengan menggunakan beberapa persamaan berikut:



Gambar 2. Basket

$$V = \sum \frac{m_i}{\rho_i} \dots\dots\dots(1)$$

$$V = \frac{1}{4} \pi D^2 H \dots\dots\dots(2)$$

$$V_{\text{Desain}} = FD \times V \dots\dots\dots(3)$$

dengan

V	:	volume basket	(m ³)
D	:	diameter basket	(m)
H	:	tinggi basket	(m)
FD	:	faktor desain	
i	:	indek komponen	
m	:	massa kompnen	(kg)
ρ _i	:	massa jenis komponen	(kg/m ³)

Substitusi pers. (2) dan (3) di atas diperoleh persamaan diameter *basket* sebagai berikut:

$$H = \left(\frac{4 \times V_{\text{Desain}}}{\pi D^2} \right) \dots\dots\dots(4)$$

2.2 Menentukan Densitas Aliran

Pada proses filtrasi, aliran komponen umpan sebagai komponen input terbagi dalam dua aliran produk yaitu cairan dan endapan. Densitas masing-masing aliran dapat diperoleh dengan persamaan berikut:

$$x_i = \frac{V_i}{\sum V_i} \dots\dots\dots(5)$$

$$V_i = \frac{m_i}{\rho_i} \dots\dots\dots(6)$$

$$\rho = \sum x_i \cdot \rho_i \dots\dots\dots(7)$$

dengan

V _i	:	volume komponen	(m ³)
x	:	fraksi volume	

2.3 Menentukan Waktu Filtrasi

Waktu yang diperlukan untuk proses filtrasi *slurry* torium hidroksida dalam basket sentrifugal dapat diperoleh dengan menggunakan beberapa persamaan berikut [2],[3],[4] :

$$r_c = \left(R^2 - \frac{V_{\text{cake}}}{\pi \cdot H} \right)^{0.5} \dots\dots\dots(8)$$

$$\Delta P = \frac{\rho_L \cdot \omega^2 (R^2 - r_o^2)}{2} \dots\dots\dots(9)$$

$$c = \left(\frac{m_{\text{cake}}}{V_L} \right) \dots\dots\dots(10)$$

$$\alpha = \alpha_o \left(1 + \frac{P_s}{P_a} \right)^n \dots\dots\dots(11)$$

$$1 - \epsilon = (1 - \epsilon_o) \left(1 + \frac{P_s}{P_a} \right)^{\beta^*} \dots\dots\dots(12)$$

$$A = 2\pi R \cdot H \dots\dots\dots(13)$$

$$A_{lm} = \frac{2\pi H (R - r_c)}{\text{Ln} \left(\frac{R}{r_c} \right)} \dots\dots\dots(14)$$

$$A_{av} = 2\pi H \frac{(R + r_c)}{2} \dots\dots\dots(15)$$

$$Q = \frac{\Delta P}{\left[\frac{\mu \alpha c V}{A_{lm} A_{av}} + \frac{\mu R_m}{A_o} \right]} \dots\dots\dots(16)$$

$$Q = \frac{dV}{dt} \text{ sehingga } dt = \frac{\left[\frac{\mu \alpha c V}{A_{lm} A_{av}} + \frac{\mu R_m}{A_o} \right]}{\Delta P} dV$$

Diintegrasikan terhadap V, maka diperoleh persamaan (17) sebagai berikut:

$$t = \left(\frac{\mu \alpha c}{A_{lm} A_{av} \Delta P} \right) \frac{V^2}{2} + \frac{\mu R_m V}{A_o \Delta P} \dots\dots\dots(17)$$

dengan

- A : luas permukaan (m²)
- c : masa *cake* per volume filtrat (kg/m³)
- H : tinggi filter *cake* (m)
- ΔP : *pressure drop* (N/m²)
- Q : laju volume filtrat (kg/m³)
- R : jari-jari *centrifuge* (m)
- R_m : filter medium *resistance* (m⁻¹)
- r_o : posisi permukaan dalam cairan (m)
- r_c : posisi permukaan dalam *cake* (m)
- t : waktu filtrasi (s)
- V : volume (m³)
- m : masa *cake* (kg)
- μ : viskositas cairan (kg/m.s)
- α : *specific resistance* (m/kg)
- ε : *void fraction*

2.4 Menentukan Power Listrik

Power listrik yang diperlukan dalam proses filtrasi dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\omega = 2 \pi f \dots\dots\dots(18)$$

$$I = \frac{1}{2} m(R^2 + r^2) \dots\dots\dots(19)$$

$$E_M = \Sigma \frac{1}{2} I \omega^2 \dots\dots\dots(20)$$

$$P = \frac{E_M}{t_f} \dots\dots\dots(21)$$

dengan

- P : *power* (Hp)
- E_M : energi mekanik (joule)
- ω : kecepatan sudut putar (rad/s)
- I : momen inersia (kg.m²)
- f : frekuensi (Hz)

3. PERHITUNGAN TEKNIS

Perhitungan teknis basket sentrifugal untuk proses filtrasi meliputi dimensi *basket*, densitas aliran, waktu filtrasi dan perhitungan *power motor* yang dibutuhkan dapat

diestimasi dengan menggunakan beberapa persamaan dan data komponen umpan sebagai berikut.

3.1 Penentuan Dimensi Basket

Proses filtrasi berlangsung secara *batch* sehingga dimensi basket tergantung pada volume total umpan masuk basket sentrifugal. Dengan menggunakan persamaan (1) diperoleh total volume umpan seperti tampak pada tabel 1. sebagai berikut

Tabel 1. Data Komponen Umpan Masuk Basket Sentrifugal

Komponen	kg	ρ (kg/m ³)	Volume m ³
Th(SO ₄) ₂	0.3086	4225	0.0001
RE ₂ (SO ₄) ₃	0.02026	3000	6.7E-06
UO ₂ SO ₄	0.0022	3280	6.6E-07
NH ₄ OH	0.8088	717	0.0011
H ₂ O	359.2796	1000	0.3593
Th(OH) ₄	2.9005	4810	0.0006
RE(OH) ₃	0.0318	6600	4.8E-06
UO ₂ (OH) ₂	0.000027	6600	4.1E-09
(NH ₄) ₂ SO ₄	5.8230	1760	0.0033
Impuritas	1.5504	1000	0.0016
Jumlah	370.7250		0.3660

$$\begin{aligned} \text{Total volume umpan} \quad V &= 0,366 \quad \text{m}^3 \\ \text{Faktor Desain} \quad FD &= 20 \% \\ \text{Volume Desain Basket} \quad V_{\text{Desain}} &= 0,366 \times 1,2 \quad \text{m}^3 \\ &= 0,439 \quad \text{m}^3 \end{aligned}$$

Digunakan basket standar dengan kapasitas volume maksimum 0,23 m³ dan diameter dalam basket 1,2 m. Dengan menggunakan persamaan (4) diperoleh tinggi basket sebagai berikut:

$$H = \left(\frac{4 \times 0,23}{3,14 \times 1,2^2} \right) = 0,2 \quad \text{m}$$

3.2. Penentuan Densitas Aliran

Penentuan densitas masing-masing aliran menggunakan persamaan (5), (6) dan (7) dengan hasil perhitungan seperti tampak pada tabel 2. – tabel 5. sebagai berikut:

Tabel 2. Komponen Umpan Masuk Basket Sentrifugal

Komponen	kg	ρ (kg/m ³)	Volume m ³	Fraksi	$x_i \cdot \rho$ (kg/m ³)
				x_i	
Th(SO ₄) ₂	0.3086	4225	7.30E-05	0.00020	1.154372
RE ₂ (SO ₄) ₃	0.02026	3000	6.70E-06	1.83E-05	0.054918
UO ₂ SO ₄	0.0022	3280	6.60E-07	1.8E-06	0.005915
NH ₄ OH	0.8088	717	0.0011	0.00308	2.154918
H ₂ O	359.2796	1000	0.3593	0.98176	981.694
Th(OH) ₄	2.9005	4810	0.0006	0.00165	7.885246
RE(OH) ₃	0.0318	6600	4.80E-06	1.31E-05	0.086557
UO ₂ (OH) ₂	0.000027	6600	4.10E-09	1.12E-08	7.39E-05
(NH ₄) ₂ SO ₄	5.823	1760	0.0033	0.00904	15.86885
Impuritas	1.5504	1000	0.0016	0.00424	4.371585
	370.7250		0.3660	1	1013.0350

Tabel 3. Densitas Cairan (*Filtrate*)

Komponen	(kg)	ρ (kg/m ³)	Volume m ³	Fraksi	$x_i \cdot \rho$ (kg/m ³)
				x_i	
Th(SO ₄) ₂	0.3086	4225	0.0001	0.0002	0.8494
RE ₂ (SO ₄) ₃	0.02026	3000	6.70E-06	1.7E-05	0.0557
UO ₂ SO ₄	0.0022	3280	6.60E-07	2.0E-06	0.0060
NH ₄ OH	0.8047	717	0.0011	0.0031	2.2152
H ₂ O	357.2447	1000	0.3572	0.9834	983.3824
(NH ₄) ₂ SO ₄	5.7939	1760	0.0033	0.0091	15.9487
Impuritas	1.5426	1000	0.0015	0.0042	4.2463
	365.7169		0.3633		1006.7036

Dari hasil perhitungan sebagaimana tampak dalam table 3. diperoleh volume filtrat $V_L = 0,3633\text{m}^3$ dan densitas cairan filtrat $\rho_L = 1006,7036 \text{ kg/m}^3$

Tabel 4 Densitas Endapan (*Cake*)

Komponen	(kg)	ρ (kg/m ³)	Volume m ³	Fraksi	$x_i \cdot \rho$ (kg/m ³)
				x_i	
NH ₄ OH	0.0040	717	5.6E-06	0.0021	1.5131
H ₂ O	2.0349	1000	0.0020	0.7614	761.3623
Th(OH) ₄	2.9005	4810	0.0006	0.2256	1085.2232
RE(OH) ₃	0.0318	6600	4.8E-06	0.0018	11.8793
UO ₂ (OH) ₂	2.7E-05	6600	4.1E-09	1.5E-06	0.0101
(NH ₄) ₂ SO ₄	0.0291	1760	1.7E-05	0.0062	10.8934
Impuritas	0.0078	1000	7.8E-06	0.0029	2.9184
Jumlah	5.0081		0.0027	1	1873.7999

Dari hasil perhitungan sebagaimana tampak dalam table 4 diperoleh volume endapan $V_{\text{cake}} = 0,0027 \text{ m}^3$ dan densitas endapan $\rho_{\text{cake}} = 1873,7999 \text{ kg/m}^3$

Tabel 5 Densitas Partikel Torium Hidroksida

Komponen	(kg)	ρ (kg/m ³)	Volume m ³	Fraksi	$x_i \cdot \rho$ (kg/m ³)
				x_i	
NH ₄ OH	0.0040	717	5.6E-06	0.0021	1.5131
Th(OH) ₄	2,9005	4810	0,0006	0,9921	4771,8992
RE(OH) ₃	0,0318	6600	4,8E-06	0,0079	52,2353
UO ₂ (OH) ₂	2,7E-05	6600	4,1E-09	0,0000	0,0444
			0,0006		4824,1789

Data fisik partikel torium hidroksida

D_p	=	5×10^{-6}	m	diameter partikel ^[5]
g	=	9,810	m/s ²	percepatan gravitasi
ρ_p	=	4824,18	kg/m ³	massa jenis partikel

Data fisik cairan filtrat

ρ_L	=	1006,7036	kg/m ³	massa jenis cairan umpan
x_i	=	0,9983		fraksi volume cairan
μ_L	=	1	cps	viskositas cairan
	=	0,001	kg/m.s	

3.3. Penentuan Waktu Filtrasi

Waktu filtrasi tergantung pada jumlah volume filtrat dan kecepatan putar *basket*. Dengan menggunakan persamaan (8 – 17) diperoleh hasil perhitungan sebagai berikut.

Digunakan kecepatan putar *basket*

$$\begin{aligned}
 f &= 800 \text{ rpm} \\
 &= 13,33 \text{ Hz} \\
 \omega &= 84 \text{ rad/s} \\
 R &= 0,6 \text{ m} \\
 r_o &= \frac{1}{2} R \\
 &= 0,3 \text{ m} \\
 r_c &= \left(R^2 - \frac{V_{\text{cake}}}{\pi \cdot H} \right)^{0.5} = 0.5982 \text{ m} \\
 \Delta P &= \frac{\rho_L \cdot \omega^2 (R^2 - r_o^2)}{2} = 961000 \text{ N/m}^2 \\
 P_s &= 961 \text{ kPa} \\
 c &= \left(\frac{m_{\text{cake}}}{V_L} \right) = 8,07 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

Dari tabel parameter *resistivity* α dan *porosity* ϵ Steinly M. Walas halaman 319 untuk filter *cake* dipilih material yang setara dengan torium hidroksida memiliki range tekanan 500 – 7000 kPa^[3] diperoleh data sifat fisik filter *cake* sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 P_a &= 790 \text{ kPa} \\
 \alpha_o &= 8,1 \times 10^{10} \text{ m.kg}^{-1} \\
 1 - \epsilon_o &= 0,263 \\
 n &= 0,9 \\
 \beta^* &= 0,22 \\
 R_m &= 8,53 \times 10^{10} \text{ m}^{-1} \\
 \alpha &= \alpha_o \left(1 + \frac{P_s}{P_a} \right)^n = 9,27 \times 10^{10} \\
 1 - \epsilon &= (1 - \epsilon_o) \left(1 + \frac{P_s}{P_a} \right)^{\beta^*} = 0,3 \\
 \epsilon &= 0,7 \text{ m/kg}
 \end{aligned}$$

Luas permukaan filter *cake*

$$\begin{aligned}
 A &= 2\pi R \cdot H \\
 &= 0,75 \text{ m}^2 \\
 A_{lm} &= 2\pi H \frac{(R - r_c)}{\ln\left(\frac{R}{r_c}\right)} = 0,54 \text{ m}^2 \\
 A_{av} &= 2\pi H \frac{(R + r_c)}{2} = 0,57 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Waktu filtrasi

$$t = \left(\frac{\mu \alpha c}{A_{lm} A_{av} \Delta P} \right) \frac{V^2}{2} + \frac{\mu R_m V}{A_o \Delta P} = 96 \text{ s} = 1,6 \text{ menit}$$

3.4 Penentuan *Power Motor*

Power motor listrik untuk proses filtrasi *slurry* torium hidroksida menggunakan persamaan (18 – 21) dengan beban *slurry* 186 kg dan diasumsikan *massa equipment* yang ikut berputar 500 kg. Perhitungan *power motor* sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 m_{slurry} &= 186 && \text{kg} \\
 m_{basket} &= 500 && \text{kg} \\
 \omega &= 84 && \text{rad/s} \\
 R &= 0,6 && \text{m} \\
 I_{liquid} &= \frac{1}{2} m_{liquid}(r_c^2 + r_o^2) \\
 &= \frac{1}{2} \cdot 183 \cdot (0,5982^2 + 0,3^2) \\
 &= 41 && \text{kg.m}^2 \\
 I_{cake} &= \frac{1}{2} m_{cake}(R^2 + r_c^2) \\
 &= \frac{1}{2} \cdot 1,5 \cdot (0,6^2 + 0,5982^2) \\
 &= 0,53 && \text{kg.m}^2 \\
 I_{basket} &= m_{basket} R^2 \\
 &= 500 \cdot 0,6^2 \\
 &= 180 && \text{kg.m}^2 \\
 E_M &= \sum \frac{1}{2} \cdot I \cdot \omega^2 \\
 &= 778 && \text{kJoule} \\
 t &= 96 && \text{s} \\
 \text{Power} \quad P &= \frac{E_M}{t} = 8 \text{ kW} \\
 \text{Efisiensi Motor} &= 75 \% \\
 \text{Power Motor} &= 11 && \text{kW}
 \end{aligned}$$

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil perhitungan teknis desain basket sentrifugal telah dilakukan dengan spesifikasi teknis sebagai berikut:

Dimensi *Basket*

Dari hasil perhitungan di atas diperoleh volume desain *basket* 0,23 m³ dengan diameter standar yaitu 1,2 m dan memiliki ukuran tinggi 0,20 m. Karena kapasitas desain *basket* yang digunakan setengah dari volume *slurry*, maka perlu dua kali proses filtrasi agar proses pemisahan lebih sempurna.

Densitas Aliran

Dari hasil perhitungan di atas diperoleh densitas umpan 1013,035 kg/m³, densitas filtrate 1006,7036 kg/m³ dan densitas endapan (*cake*) 1873,7999 kg/m³.

Waktu Filtrasi

Waktu filtrasi dipengaruhi oleh kecepatan putar, volume *slurry* dan jenis filter *cake*. Dari hasil perhitungan pada kecepatan putar 600 rpm atau 84 rad/s diperoleh waktu filtrasi 96 detik atau 1,6 menit. Karena dua kali proses filtrasi maka total waktu filtrasi adalah 3,2 menit.

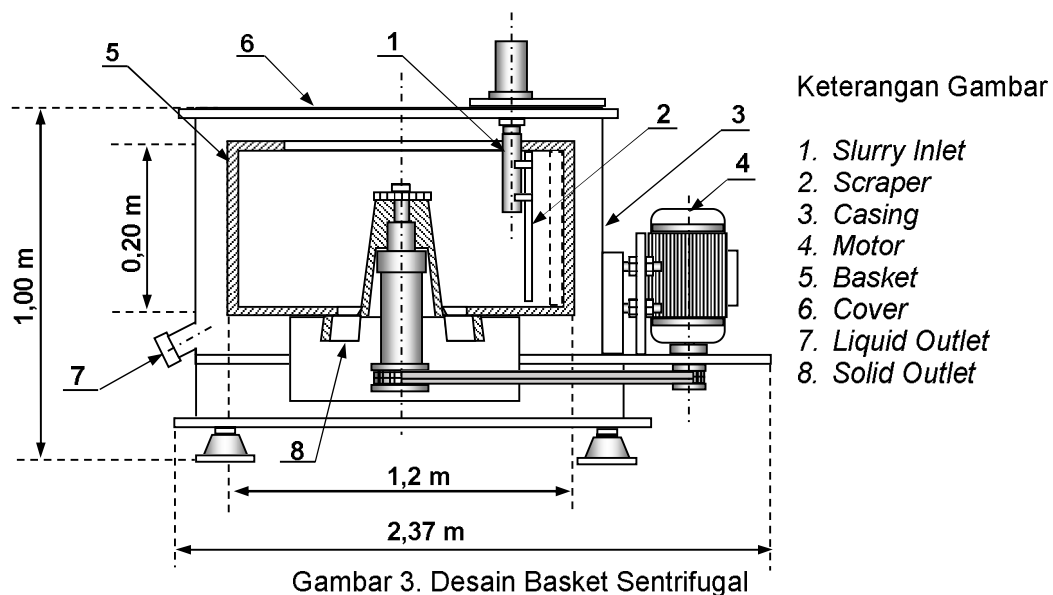
Power Motor Yang Diperlukan

Power motor listrik yang diperlukan dalam proses filtrasi menggunakan prinsip energi mekanik dan waktu filtrasi. Besarnya energi mekanik yang dibutuhkan tergantung pada kecepatan putar *basket*, jari-jari *basket*, total masa umpan dan masa *equipment* yang ikut berputar. Dari hasil perhitungan dengan efisiensi *motor* 75% dan waktu filtrasi 96 detik diperoleh *power motor* 11 kW.

Digunakan basket sentrifugal standar pabrikan dengan spesifikasi teknis mendekati hasil perhitungan yaitu basket sentrifugal dengan diameter 1,2 m, volume 0,23 m³, kapasitas beban maksimum 1800 kg, kecepatan putar 800 rpm, power motor 11 kW. Dimensi *equipment* adalah panjang 2,37 m, lebar 1,60 m dan tinggi 1,00 m. Desain konsep basket sentrifugal ditunjukkan dalam Gambar 3.

5. KESIMPULAN.

Dari hasil pembahasan dan perhitungan di atas diperoleh spesifikasi teknis basket sentrifugal untuk proses filtrasi *slurry* torium hidroksida sebagai berikut. Dimensi *equipment* adalah panjang 2,37 m, lebar 1,60 m dan tinggi 1,00 m dengan material SS-316L. Dimensi *basket* memiliki diameter 1,2 m dan tinggi 0,20 m. Waktu yang dibutuhkan untuk proses filtrasi adalah 96 detik dengan beban maksimum 1800 kg dan *power motor* listrik 11 kW.



6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Tom Patnaik, *Solid-Liquid Separation: A Guide To Centrifuge Selection*, Heinkel Filtering System, Inc.
- [2] Richard G. Holdich, *Fundamentals of Particle Technology*, Department of Chemical Engineering, Loughborough University.
- [3] Stanley M. Walas, 1990, *Chemical Process Equipment, Selection and Design*, Butterworth-Heinemann Series in Chemical Engineering.
- [4] WU Yanxiang and WANG Biyu, 2004, *Analysis of The Medium Resistance for Constant Pressure*, Collage of Chemistry and Chemical Engineering, Fuzhou University.
- [5] Jonhsson K.O. , 1959, *Pilot Plant Preparation of Thorium- And Thorium-Uranium Oxides*, Oak Ridge National Laboratory.