

**PEREKAYASAAN MIXER SETTLER UNTUK EKSTRAKSI SIKLUS II  
PADA RECOVERY URANIUM DALAM LARUTAN ASAM FOSFAT***Abdul Jami, Hafni Lissa Nuri*

PRPN BATAN, Kawasan Puspiptek Gd.71, Serpong, Tangerang Selatan 15310

Email: [Abduljami2011@gmail.com](mailto:Abduljami2011@gmail.com)**Masuk: 27 Juli 2012****Revisi: 15 Februari 2013****Diterima: 7 Maret 2013****ABSTRAK**

PEREKAYASAAN MIXER SETTLER UNTUK EKSTRAKSI SIKLUS II PADA RECOVERY URANIUM DALAM LARUTAN ASAM FOSFAT. Mixer settler atau pesawat pengaduk pengenal secara teknis dirancang untuk proses ekstraksi dan pemisahan uranium dari larutan asam fosfat. Hasil perhitungan perancangan menunjukkan bahwa pesawat pengaduk pengenal terdiri dari dua bagian, yaitu bagian untuk proses ekstraksi terjadi dalam tangki berpengaduk dan proses pemisahan terjadi dalam tangki pengenal. Tangki berpengaduk bertipe kotak dengan 4 penghalang dengan ukuran lebar 0,8 m, panjang 0,8 m, tinggi cairan 1 m, tinggi tangki 1,05 m dan jenis pengaduk *disk 6 blade*, daya pengaduk 4 Hp dan tangki pengenal bertipe persegi panjang dengan ukuran lebar 0,8 m, panjang 5 m, tinggi cairan 1 m dan tinggi tangki 1,05 m. Pengambilan uranium dengan efisiensi sampai 91 % diperlukan 3 tingkat ekstraksi, menggunakan pelarut Organik (O) DEHPA-TOPO dalam Kerosene. Perbandingan fase cair dan fase organik (A/O) yang digunakan adalah 2:1. Proses ekstraksi dilakukan dengan arus berlawanan arah dengan pelarut Organik (O) masuk tahap 1 dan cair (A) yang kaya uranium masuk tahap 3. Proses pengenal berlangsung dengan laju pengenal 0,000694 m/s, nilai faktor dispersi  $\Psi = 0,3638$  fraksi ringan sebagai fase terdispersi dan nilai bilangan Reynolds ( $N_{RE}$ ) = 3.438. Nilai bilangan Reynolds di bawah 5.000, menunjukkan bahwa kualitas pemisahan berjalan dengan baik.

**Kata kunci:** *Mixer settler*, ekstraksi, laju pengenal, uranium, asam sulfat

**ABSTRACT**

DESIGN OF MIXER SETTLER EXTRACTION CYCLES II FOR RECOVERY URANIUM FROM PHOSPHORIC ACID. Mixer settler is technically designed for extraction and separation process of uranium from phosphoric acid solution. Design calculation results shows that: the mixer settler consists of two parts: part of extraction process in the mixer tank and part of separation process in settler tank. The mixer tank type of box with 4 baffles, the size of mixer tank, 0.8 m width, 0.8 m length, 1 m high of liquid, 1.05 m high of mixer tank, stirrer type of disk 6 blade, and power of mixing 4 hp and the settler tank type of rectangular with size of settler tank, 0.8 m width 5 m length, 1 m high of liquid, 1.05 m high of settler tank. For uranium recovery efficiency up to 91%, extraction process is done in 3 stage counter current flow using a solvent Organic (O) DEHPA-TOPO in Kerosene at a phase of ratio A/O of 2:1. The aqueous enter through stage 3 and the organic solvent enter through stage 1. The process of settling occurred with the value of settling velocity is 0.000694 m/s, dispersion factor  $\Psi = 0.3638$  and the light fraction as the dispersed phase and value of Reynolds number ( $N_{RE}$ ) = 3,438. Because of the Reynolds number is lower than 5,000, it indicates that the quality of the separation is very good.

**Keywords:** Mixer settler, extraction, settling velocity, uranium, sulfuric acid

**PENDAHULUAN**

Asam fosfat merupakan salah satu produk dari pabrik petrokimia mempunyai kandungan utama  $P_2O_5$  dan senyawa-senyawa lain yang salah satunya adalah uranium dalam bentuk  $U_3O_8$  dengan konsentrasi rata-rata 50-200 ppm<sup>[1]</sup>. Jumlah ini tentunya cukup kecil, namun kalau kita ambil dari sumbernya langsung yaitu dari pabrik asam fosfat dengan kapasitas

58 ton/jam maka dengan mengambil konsentrasi uranium dalam asam fosfat 180 ppm akan diperoleh  $U_3O_8$  sebanyak 10,4 kg/jam dan dalam waktu satu tahun akan terakumulasi dengan jumlah yang cukup besar yaitu sekitar 60 ton. Oleh karena uranium dalam bentuk  $U_3O_8$  jumlahnya cukup besar maka perlu dilakukan pemisahan.

Pemisahan atau pengambilan uranium yang terkandung dalam cairan asam fosfat (A) dilakukan dengan cara ekstraksi dengan fase cair-cair menggunakan pelarut organik (O) DEHPA-TOPO<sup>[2,3]</sup> dengan perbandingan A/O sebesar 2/1. Proses ekstraksi dapat dilakukan baik secara *batch* maupun *continue*, dengan satu tahap maupun tahap bertingkat. Secara umum, proses pemisahan partikel dari suatu larutan dengan cara ekstraksi tahap bertingkat akan memberikan hasil yang baik dan efektif jika dilakukan dengan proses aliran berlawanan arah disertai dengan pengadukan yang cukup kuat dan untuk memisahkan fraksi berat dan fraksi ringan dilakukan dengan cara penengapan akibat pengaruh gaya gravitasi<sup>[4]</sup>.

## TEORI

Secara teknis rancangan pesawat pengaduk penengap yang digunakan untuk memisahkan uranium dari asam fosfat terdiri dari dua bagian yaitu bagian untuk proses ekstraksi terjadi dalam tangki berpengaduk dan bagian pemisahan terjadi dalam tangki penengap.

### a. Tangki Berpengaduk

Tangki berpengaduk yang digunakan untuk proses pencampuran cairan asam fosfat dan pelarut organik *DEHPA-TOPO*. Daya yang diperlukan oleh *impeller* tergantung pada masa jenis cairan total ( $\rho$ ), laju volume larutan ( $Q$ ) yang masuk dalam tangki dan *head velocity* dari *impeller* ( $\Delta H$ )<sup>[4,5]</sup>

$$P = Q \cdot \rho \cdot \Delta H \dots\dots\dots (1)$$

Kecepatan aliran volume larutan ( $Q$ ) pada aliran normal berbanding lurus dengan diameter *impeller* ( $D$ ) dan kecepatan putar ( $N$ )<sup>[5]</sup>

$$Q \approx N \cdot D^3 \dots\dots\dots (2)$$

Perbedaan tinggi ( $\Delta H$ ) antara permukaan *suction* dan *discharge pada impeller blade* juga berbanding lurus dengan diameter *impeller* ( $D$ ) dan kecepatan putar ( $N$ )<sup>[6]</sup>

$$\Delta H \approx N^2 \cdot D^2 \dots\dots\dots (3)$$

Substitusi persamaan 2 dan 3 ke dalam persamaan 1 tersebut diperoleh

$$\begin{aligned} P &\approx N \cdot D^3 \cdot \rho \cdot N^2 \cdot D^2 \\ P &= N_p \cdot \rho \cdot (N \cdot D^3) \cdot (N^2 \cdot D^2) \\ P &= N_p \cdot \rho \cdot (N^3 \cdot D^5) \dots\dots\dots (4) \end{aligned}$$

Nilai  $N_p$  yang dikenal dengan *power number* tergantung pada bilangan *Reynold* ( $N_{RE}$ ) dan jenis *impeller* dan nilainya  $N_p$  diperoleh dari grafik hubungan antara  $N_p$  dan  $N_{RE}$ .

$$N_{RE} = \frac{D \cdot v \cdot \rho}{\mu} \dots\dots\dots (5)$$

Dengan  $\mu$  = viskositas,  $v$  = kecepatan linier aliran cairan.

Untuk proses pengadukan bilangan *Reynold*  $N_{RE}$  dapat ditulis sebagai berikut<sup>[5]</sup>

$$N_{RE} = 10,75 \frac{Sg \cdot N \cdot D_i^2}{\mu} \dots\dots\dots (6)$$

Dengan  $Sg$  = *specific gravity*

Grafik  $N_p$  vs  $N_{RE}$  ada dua macam yaitu:

1. Grafik hubungan antara  $N_p$  dengan  $N_{RE}$  berdasarkan perbandingan antara diameter *impeller* ( $D_i$ ) dengan diameter tangki ( $D_T$ ).

2. Grafik hubungan antara  $N_p$  dengan  $N_{RE}$  berdasarkan jenis *impeller* dan perbandingan antara lebar *blade* ( $W$ ) dengan diameter *impeller* ( $Di$ )

Power pengadukan<sup>[5]</sup>

$$P = \frac{N_p \cdot N^3 \cdot Di^5 \cdot Sg}{1,523 \cdot 10^{13}} \dots\dots\dots (7)$$

- P = daya *impeller* , Hp
- Di = diameter *impeller* , in
- Sg = *specific gravity*
- N = kecepatan putar , rpm
- $\mu$  = viskositas , kg/m.s

Daya motor

$$P_M = \frac{P}{\eta} \dots\dots\dots (8)$$

$\eta$  = Efisiensi motor

Dimensi dari tangki berpengaduk tergantung pada waktu kontak ( $t$ ) antar larutan dan laju volume ( $Q$ ). Jadi, volume tangki berpengaduk  $V = Q \times t$ .

Tangki berpenampang persegi dengan ukuran panjang ( $L$ ) sama dengan lebar ( $L$ ) , maka tinggi larutan ( $H_L$ ) dapat ditentukan dengan persamaan:

$$H_L = \frac{V}{L^2}$$

Tinggi tangki ( $H_T$ ) secara teknis adalah tinggi larutan ditambah faktor keamanan 10 % dari tinggi cairan.

$$H_T = 1,10 H_L$$

**b. Tangki Pengenap**

Tangki pengenap digunakan untuk proses pengenapan yang akan memisahkan fraksi berat dan fraksi ringan. Laju pengenapan partikel diperlukan untuk mengetahui laju alir *overflow* maupun *underflow* dan sebagai acuan untuk perhitungan neraca massa di sekitar tangki pengenap.

Dalam proses pengenapan, besarnya laju pengenapan partikel dipengaruhi oleh tiga faktor gaya<sup>[4,5,6]</sup> yaitu: gaya berat, gaya *Archimedes*, dan gaya *Stokes*.

Gaya berat ( $W$ ) partikel diberikan oleh persamaan 9.

$$W = m \cdot g \dots\dots\dots (9)$$

Gaya *Archimedes* ( $F_A$ ) diberikan oleh persamaan 10.

$$F_A = \rho_L V g$$

$$= m \cdot g \cdot \frac{\rho_L}{\rho_P} \dots\dots\dots (10)$$

Gaya *Stokes* ( $F_S$ ) diberikan oleh persamaan 11.

$$F_S = 3\pi D_p \mu v \dots\dots\dots (11)$$

Persamaan 9, 10, dan 11 diperoleh hubungan persamaan gaya sebagai berikut:

$$(W - F_A - F_S) = m \frac{dv}{dt} \dots\dots\dots (12)$$

dengan mensubstitusikan persamaan 9, 10, dan 11 ke persamaan 12 diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$\frac{dv}{dt} = (1 - \frac{\rho_L}{\rho_P}) g - 3\pi D_p \mu v / m \dots\dots\dots (13)$$

Pada keadaan tunak laju terminal atau *free settling* tercapai jika nilai  $\frac{dv}{dt} = 0$

Sehingga persamaan menjadi

$$v = \frac{(1 - \frac{\rho_L}{\rho_p})m g}{3\pi D_p \mu} \dots\dots\dots (14)$$

Partikel ukuran sangat kecil dapat didekati sebagai butiran berbentuk bola<sup>[6]</sup> sehingga massa partikel (m)

$$m = \rho_p \pi \frac{D_p^3}{6}$$

Persamaan laju *free settling* menjadi

$$v_s = \frac{(\rho_p - \rho_L) D_p^2 g}{18 \mu} \dots\dots\dots (15)$$

- $v_s$  = laju *free settling* (m/s)
- $\rho_p$  = massa jenis partikel (kg/m<sup>3</sup>)
- $\rho_L$  = massa jenis cairan (kg/m<sup>3</sup>)
- $D_p$  = diameter partikel (m)
- $\mu$  = viskositas cairan (kg/m.s)
- $\mu = \mu_0(1+2,5\phi)$  Estimasi Einstein<sup>[7]</sup>
- $\phi$  = fraksi volume

Penentuan laju pengenapan, maka perlu menentukan faktor dispersi ( $\Psi$ )<sup>[5]</sup> dengan persamaan

$$\Psi = \frac{Q_L}{Q_H} \left( \frac{\rho_L \cdot \mu_H}{\rho_H \cdot \mu_L} \right)^{0,3} \dots\dots\dots (16)$$

- $Q_L$  = laju volume fraksi ringan
- $Q_H$  = laju volume fraksi berat
- $\mu_L$  = viskositas fraksi ringan
- $\mu_H$  = viskositas fraksi berat
- $\rho_L$  = massa jenis fraksi ringan
- $\rho_H$  = massa jenis fraksi berat

dengan ketentuan menurut Tabel 1 (*Selker and Schleicher, 1965*)<sup>[5]</sup>

Tabel 1

Faktor dispersi.

$\Psi$	Hasil
< 0,3	Fase ringan selalu terdispersi
0,3-0,5	Fase ringan mungkin terdispersi
0,5-2,0	Kemungkinan terjadi fase inversi, perencanaan untuk kasus yang sulit
2,0-3,3	Fraksi berat mungkin terdispersi
> 3,3	Fraksi berat selalu terdispersi

Dimensi tangki penganap, lebarnya sama dengan lebar tangki berpengaduk, dan panjang settler tergantung pada laju *forward velocity* ( $v_r$ ) dari fase kontinu dan lama pengenapan ( $t$ ), tinggi *dispersion band* ( $H_{DB}$ ), bilangan *Reynold* ( $N_{RE}$ ) dan diameter hidrolis ( $D_h$ ) fase pendispersi dengan persamaan sebagai berikut:

Diameter hidrolis fase pendispersi<sup>[5]</sup> diberikan oleh persamaan 17.

$$D_h = \frac{4A}{P} \dots\dots\dots (17)$$

P : keliling permukaan basah  
A : penampang permukaan basah

Pada proses pengenapan bilangan *Reynold* diberikan oleh persamaan 18.

$$N_{RE} = \frac{D_h \times \rho_p \times Q_L}{\mu \times A_T} \dots\dots\dots (18)$$

$A_T$  : luas penampang lintang tangki pengenap  
Proses pemisahan akan sangat baik jika nilai bilangan *Reynold*  $N_{RE} < 5.000$   
(*Hooper and Jacobs-1979*)<sup>[5]</sup>.

Lama proses pengenapan diberikan oleh persamaan 19.

$$t = \frac{H_{DB}}{v_s} \dots\dots\dots (19)$$

Laju *forward velocity* diberikan oleh persamaan 20.

$$v_r = \frac{Q_r}{A} \dots\dots\dots (20)$$

$Q_r$  = laju volume fase kontinu

Panjang tangki pengenap diberikan oleh persamaan 21.

$$L_s = V_r \times t \dots\dots\dots (21)$$

### c. Penentuan Jumlah Tahap

Penentuan jumlah tahap sama dengan menentukan jumlah pesawat pengaduk pengenap yang digunakan dalam proses ekstraksi.

Ekstraksi pemisahan uranium dari larutan asam fosfat menggunakan pelarut organik DEHPA-TOPO aliran berlawanan arah yaitu pelarut organik masuk tangki berpengaduk tahap1 dan larutan asam fosfat masuk tangki berpengaduk stage terakhir. Jumlah tahap ekstraksi ditentukan dengan metode *McCabe-Thiele*<sup>[8]</sup> yaitu dengan menggunakan bantuan garis operasi dan garis kesetimbangan seperti tampak pada Gambar 1. Satu tahap ekstraksi ditentukan dengan cara menarik garis horizontal ke kiri dari titik konsentrasi awal uranium pada garis operasi memotong garis kesetimbangan dan dari titik potong ini ditarik lagi garis vertikal ke bawah memotong garis operasi lagi sehingga membentuk segitiga siku-siku dan seterusnya sampai ke titik konsentrasi akhir uranium dalam cairan yang diinginkan. Jadi jika terbentuk satu segitiga disebut 1 tahap ekstraksi, dua segitiga 2 tahap ekstraksi dan seterusnya.

## CARA PEREKAYASAAN

Perekayasa *mixer settler* atau pesawat pengaduk pengenap, spesifikasi dan dimensi alat dapat diperoleh dengan tahapan perhitungan sebagai berikut:

### **Mixer Tank**

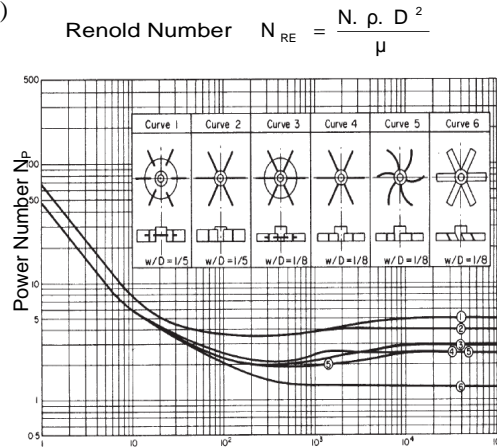
Perekayasa *mixer settler* atau tangki pengaduk pengenap salah satunya adalah tangki berpengaduk (*mixer tank*), digunakan untuk proses ekstraksi uranium dari larutan asam fosfat dengan pelarut organik *DEHPA-TOPO* dalam *kerosene*. Konsentrasi *DEHPA* 0,3 M, *TOPO* 0,075 M dan dari perhitungan neraca massa diperoleh data komponen bahan baku seperti tampak dalam Tabel 2. Penampang lintang tangki berbentuk persegi dilengkapi dengan 4 buah penghalang, dan dipilih pengaduk jenis *disk 6 blade* dengan kecepatan putar 320 rpm<sup>[5]</sup>. Dimensi dan besarnya daya pengaduk tergantung pada besarnya kecepatan putar, diameter *impeller*, viskositas dan massa jenis fluida.

Tabel 2  
Data komponen input.

KOMPONEN	BM	$\rho$ (Kg/M3)	INPUT	
			Kg/J	M3/j
U3O8	842	8300	9.262	0.0011
P2O5	142	2390	5554.019	2.3239
CaO	56.08	3350	15.869	0.0047
MgO	40.13	3650	150.752	0.0413
Al2O3	101.96	3950	25.390	0.0064
Fe2O3	159.96	5240	20.629	0.0039
Na2O	61.97	2270	20.629	0.0091
K2O	90.2	2648	24.064	0.0091
H2SO4	98.08	1340	285.635	0.2132
SiO2	60.06	2648	1.428	0.0005
HF	20.00	990	33.324	0.0337
Org C	10500	1015	3.174	0.0031
Sus Solid	145.15	2350	15.281	0.0065
H2O	18.00	1000	9723.143	9.7231
H2O2	34.02	1110	0.022	0.0000
Fe	136.48	7874	4.950	0.0006
SUBTOTAL 1			<b>15887.571</b>	<b>12.3803</b>
DEHPA	332.43	975.8	617.529	0.6328
TOPO	386.63	861	179.498	0.2085
KEROSENE	170.00	820	4386.054	5.3488
SUBTOTAL2			5183.081	6.1902
<b>TOTAL</b>			<b>21070.652</b>	<b>18.5705</b>

Pada Tabel 2 di atas diketahui data laju volume input total bahan umpan 18,5705 m<sup>3</sup>/jam. Dengan waktu kontak 2 menit<sup>[3]</sup> dan volume cairan dalam mixer tank adalah 0,62 m<sup>3</sup> Ukuran alas tangki yang digunakan sebagai berikut:

Panjang tangki = 0,8 m  
 Lebar tangki = 0,8 m  
 Sehingga diperoleh:  
 Tinggi cairan = 1 m  
 Tinggi tangki = 1,10 m  
 Diameter ekivalen = 0,903 m (36 in)  
 Diameter *impeller* = 12 in  
 Penghalang = 1,5 in  
 Diameter *disk* = 8 in  
 Panjang *blade* = 3 in  
 Lebar *blade* = 2,5 in  
 Dengan putaran N = 320 rpm  
*Specific gravity* Sg = 1,135  
 Viskositas  $\mu$  = 1,46 cps  
 Dengan persamaan (6) diperoleh  
 $N_{RE} = 385.000$   
 Dari Gambar 2 dengan kurva 1 diketahui  
 Power number  $N_p = 5$   
 Dengan persamaan (7) diperoleh  
 Daya pengaduk P = 4 Hp  
 = 3 kW  
 Dengan efisiensi motor 80% diperoleh  
 Power motor  $P_M = 3,75$  kW



Gambar 2. Penentuan Power Number<sup>[5]</sup>.

**Tangki Pengenap**

Tangki pengenap atau *Settler tank* yang digunakan dalam proses pemisahan berbentuk *rectangular* dengan ukuran lebar sama dengan lebar tangki pengaduk  $L = 0,8$  m dan tinggi sama dengan tinggi tangki pengaduk  $H_T = 1,10$  m sehingga tinggi cairan juga sama dengan tinggi cairan tangki pengaduk  $H_L = 1$  m.

Dari perhitungan neraca massa proses pengenapan diperoleh data input seperti tampak pada Tabel 3.

*Overflow* (fraksi ringan)

$Q_L = 6,4803$  m<sup>3</sup>/jam  
 $\rho_L = 802,12$  kg/m<sup>3</sup>  
 $\mu_L = 0,0024$  kg/m.s

*Underflow* (fraksi berat )

$Q_H = 12,3756$  m<sup>3</sup>/jam  
 $\rho_p = 1.282,58$  kg/m<sup>3</sup>  
 $\mu_p = 0,00114$  kg/m.s

Dengan persamaan (16) diperoleh faktor dispersi

$\Psi = 0,3638$

Tabel 3  
Data komponen input.

KOMPONEN	UVERFLOW				UNDERFLOW	
	ORGANIC		GUNK		AQUOUS	
	Kg/l	M3/l	Kg/l	M3/l	Kg/l	M3/l
U3O8	8.428	0.0010	0.000	0.0000	0.833	0.0001
P2O5	0.000	0.0000	0.181	0.0001	5553.837	2.3238
CaO	0.159	0.0047	0.005	0.0000	15.705	0.0047
MgO	1.508	0.0413	0.005	0.0000	149.239	0.0409
Al2O3	0.254	0.0064	0.001	0.0000	25.135	0.0064
Fe2O3	0.206	0.0039	0.001	0.0000	20.422	0.0039
Na2O	0.206	0.0091	0.001	0.0000	20.422	0.0090
K2O	0.241	0.0091	0.001	0.0000	23.823	0.0090
H2SO4	2.856	0.2132	0.009	0.0000	282.770	0.2110
SiO2	0.014	0.0005	0.000	0.0000	1.414	0.0005
HF	0.333	0.0003	0.001	0.0000	32.990	0.0333
Org C	0.032	0.0000	0.000	0.0000	3.142	0.0031
Sus Solid	0.153	0.0001	0.000	0.0000	15.128	0.0064
H2O	0.000	0.0000	0.317	0.0003	9722.826	9.7228
H2O2	0.000	0.0000	0.000	0.0000	0.022	0.0000
Fe					4.950	0.0006
SUBTOTAL 1	<b>14.390</b>	<b>0.2897</b>	<b>0.523</b>	<b>0.0004</b>	<b>15872.659</b>	<b>12.3756</b>
DEHPA	617.467	0.6328	0.062	0.0001	0.000	0.0000
TOPO	179.480	0.2085	0.018	0.0000	0.000	0.0000
KEROSENE	4385.616	5.3483	0.439	0.0005	0.000	0.0000
SUBTOTAL2	<b>5182.563</b>	<b>6.1895</b>	<b>0.518</b>	<b>0.0006</b>	<b>0.000</b>	<b>0.0000</b>
TOTAL	<b>5196.953</b>	<b>6.4793</b>	<b>1.041</b>	<b>0.0010</b>	<b>15872.659</b>	<b>12.3756</b>

Dengan nilai  $\Psi = 0,3638$  maka sesuai tabel (*Selker and Schleicher*, 1965) fraksi ringan sebagai fase terdispersi yaitu fraksi yang mengandung uranium dan fraksi berat sebagai fase kontinu.

Diameter partikel terdispersi

$$D_p = 55 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$g = 9,810 \text{ m/s}^2$$

Dengan persamaan (15) diperoleh kecepatan terminal atau *Settling velocity* (fraksi ringan)

$$v_s = 0,000694 \text{ m/s}$$

Dengan laju volume aliran kontinu yaitu *underflow* (fraksi berat)

$$Q_H = 12,3756 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$H_T = 1,05 \text{ m}$$

$$L_T = 0,8 \text{ m}$$

$$H_L = 1 \text{ m}$$

Sehingga diperoleh:

$$A_T = 0,84 \text{ m}^2$$

$$A = 0,8$$

Dengan persamaan (17) diperoleh diameter hidrolis.

$$D_h = \frac{8}{9} \text{ m}$$

Dengan persamaan (18) diperoleh bilangan *Reynolds*

$$N_{RE} = 3.438$$

$$\text{Dispersion Band } H_{DB} = 0,8 \text{ m}$$

$$\text{Dari persamaan (19) diperoleh } \textit{settling time} \quad t = 1.152,56 \text{ detik} \\ = 19 \text{ menit}$$

$$\text{Dari persamaan (20) diperoleh } \textit{forward velocity} \quad v_r = 0,004297 \text{ m/s}$$

$$\text{Dari persamaan (21) diperoleh, panjang tangki pengecap } L_s = 5 \text{ m}$$



**Jumlah Tahap**

Konsentrasi awal		
$U_3O_8$	=	9,262 kg/jam
U	=	2,618 kg/jam
Cairan (A)	=	15.878,309 kg/jam
	=	12,376 m <sup>3</sup> /jam
X	=	0,000165 kg <sub>U</sub> /kg <sub>Aqueous</sub>
	=	165 ppm
Organik (O)	=	5.183,081 kg/jam
Y	=	0 ppm
Konsentrasi Akhir		
$U_3O_8$	=	0,833 kg/jam
U	=	0,2355 kg/jam
X	=	0,000015 kg <sub>U</sub> /kg <sub>Aqueous</sub>
	=	15 ppm
Persamaan garis operasi		
$Y^*$	=	$m X^* + b$
m	=	A/O
	=	2
Y	=	$2 (X - X_n) + Y_n$

Dari kurva kesetimbangan dan kurva garis operasi yang terlihat pada Gambar 1 diketahui tahap teoritis 2.

Tahap yang digunakan dalam proses ekstraksi adalah n+1 yang dikenal dengan tahap aktual, jadi jumlah tahap adalah 3.

**Desain Mekanik**

Desain mekanik *mixer settler* yaitu menentukan tebal dinding dan tebal *head* dengan langkah sebagai berikut:

**Menentukan Tekanan Desain**

$P_o$	=	1	atm
$\rho$	=	1.134,63	kg/m <sup>3</sup>
h	=	1	m
$P_h$	=	$1.134,63 \times 1$	
	=	1.134,63	kg/ m <sup>2</sup>
	=	0,1135	atm
P	=	1,1135	atm
	=	16,37	psi
MAWP min	=	P + 10	psi
( reff. Experience Plant Migas)			
	=	26,37	psi
P desain =	MAWP min x 1,05		psi
	=	27,69	psi
P desain =	MAWP min + 5		psi
	=	32,69	psi
dipilih yang terbesar yaitu	32,69		psi
	=	2,22	atm
	=	2,5	atm

### Menentukan Tebal Dinding

Bahan konstruksi yang digunakan logam paduan UR 52N<sup>+</sup> 32550/520 dan jenis sambungan *double welded butt joint* dengan spesifikasi sebagai berikut:

Allowable Stress

(f)	=	190	MPa
	=	2.793	Psia
	=	30.000	Psia

Corrosion Allowance

(c)	=	0,2	in
-----	---	-----	----

Efisiensi sambungan

(E)	=	0,8	
-----	---	-----	--

Jari-jari ekivalen

(r)	=	1,4	m
	=	5,51	in

Tebal dinding minimum

$$t = \frac{P \cdot r}{f \cdot E - 0,6 \cdot P} + c$$

$$= \frac{32,69 \times 5,51}{30.000 \times 0,8 - 0,6 \times 32,69} + 0,2$$

$$= 0,2075 \quad \text{in}$$

Dipilih tebal standar

t	=	0,25	in
	=	0,0635	m

### Menentukan Tebal Head

Tebal Head minimum

$$t = \frac{0,885 \cdot P \cdot r}{f \cdot E - 0,1 \cdot P} + C$$

$$= 0,25 \quad \text{in}$$

$$= 0,0635 \quad \text{m}$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari perhitungan diperoleh hasil sebagai berikut:

Ekstraksi untuk mengambil uranium dilakukan dalam 3 tahap, dengan arus berlawanan arah, dimana cairan asam fosfat masuk pada tahap 3 dan pelarut organik masuk pada tahap 1. Rekoveri 91 %, ratio A/O = 2/1, aliran cairan asam fosfat 12,3803 m<sup>3</sup>/j dan pelarut organik 6,1902 m<sup>3</sup>/j dengan waktu tinggal 2 menit diperoleh spesifikasi tangki berpengaduk sebagai berikut:

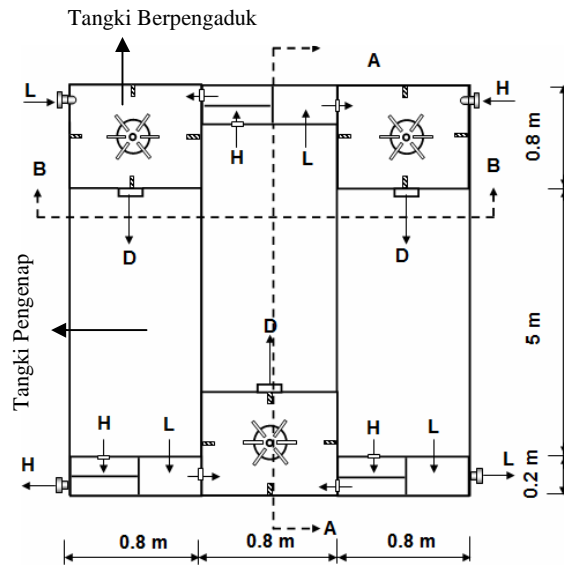
Panjang	=	0,8	m
Lebar	=	0,8	m
Tinggi cairan	=	1	m
Tinggi tangki	=	1,05	m
Daya pengaduk	=	4	Hp
Daya motor	=	3,75	kW
Jumlah	=	3	buah

Tangki penganap untuk proses pemisahan fraksi berat dan fraksi ringan dengan waktu tinggal 19 menit diperoleh spesifikasi alat sebagai berikut:

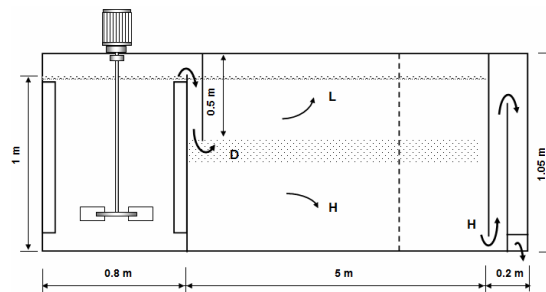
Panjang	=	5	m
Lebar	=	0,8	m
Tinggi cairan	=	1	m
Tinggi tangki	=	1,05	m
Jumlah	=	3	buah

Mengingat bahan umpan utama adalah asam fosfat, maka pesawat pengaduk penganap harus dibuat dari bahan yang tahan asam fosfat, misalnya UNS32520/UR52N<sup>+</sup>.

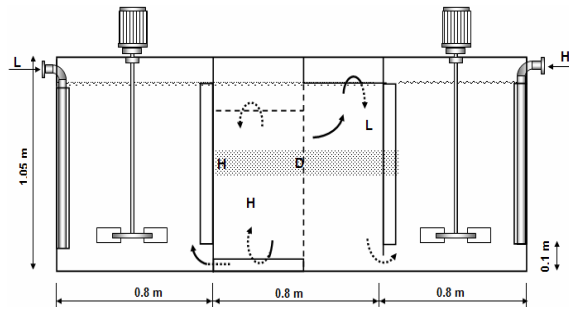
Model pesawat pengaduk penganap dapat dibuat berdasarkan data hasil perhitungan di atas, seperti tampak pada Gambar 3, 4, dan 5, dengan aliran fluida antar tangki mengalir secara *overflow* dengan membuat tinggi sekat lebih rendah dari tinggi cairan.



Gambar 3. Tiga tahap pesawat pengaduk penganap tampak atas.



Gambar 4. Potongan A-A.



Gambar 5. Potongan B-B.

## KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa:

1. Pengambilan uranium dari larutan asam fosfat dengan rekoveri 91% menggunakan pelarut organik DEHPA – TOPO dalam Kerosen, dengan perbandingan A/O = 2/1, daya pengaduk 4 Hp.
2. Dimensi pesawat pengaduk penganap  $0,8 \times 6 \times 1,05 \text{ m}^3$  sebanyak 3 buah menghasilkan bilangan *Reynolds* ( $N_{RE} = 3.438$ ) di bawah 5.000. Ini menunjukkan bahwa kualitas pemisahan berjalan dengan baik.
3. Desain mekanik tangki meliputi: tekanan desain = 2,5 atm, tebal dinding = 0,0635 m, tebal head = 0,0635 m.

## DAFTAR PUSTAKA

1. RAGHEB, M., "Uranium Resources in Phosphate Rocks", 2010, diunduh dari <https://netfiles.uiuc.edu> tanggal 13 April 2011.
2. FOUAD, E.A., MAHDY, M.A., ZATOUT, A.A. and AKR, M.Y., "Uranium Recovery from the Concentrated Phosphoric Acid Prepared by Hemi-Hydrate Process", Nuclear Material Authority, Second Arab Conference on the Peaceful Uses of Atomic Energy, Cairo 5 – 9 Nov. 1994.
3. RYON, A.D., DALEY, F.L., LOWREI, R.S., "Design and Scaleup of Mixer-Settlers for the Dapex Solvent Extraction Process", Oak Ridge National Laboratory U.S. Atomic Energy Commission, 1960.
4. FRANK, T.C., "Perry's Chemical Engineers' Hand Book", 8<sup>th</sup> Ed., The McGraw-Hill Companies, Inc., 2008.
5. WALAS, S.M., "Chemical Process Equipment", Selection and Design, Butterworth-Heinemann, a Division of Reed Publishing (USA) Inc, 1990.
6. FOUST, A.S., "Principles of Unit Operations", 2ed., John Wiley & Sons, Inc. New York, 1980.
7. VISWANATH, D.S., "Viscosity of Liquid, Theory, Estimation, Experiment and Data", University of Missouri, Columbia, MO, U.S.A
8. TREYBAL, R.E., "Mass - Transfer Operations", Third Edition, McGraw-Hill Book Company, Singapore, 1985.