

RANCANGAN SISTEM PENGOLAHAN BIJIH URANIUM RIRANG: DIGESTER BERPENGADUK

Erni R.A., Susilaningtyas
Pusat Pengembangan Bahan Galian Nuklir

ABSTRAK

RANCANGAN SISTEM PENGOLAHAN BIJIH URANIUM RIRANG : DIGESTER BERPENGADUK. Telah dirancang digester digunakan untuk melarutkan unsur-unsur yang terkandung dalam bijih Rirang. Telah dirancang tangki digester berdasarkan data percobaan digesti skala laboratorium dengan bahan tahan asam ((SS-316) dan tertutup karena proses menggunakan pelarut asam pekat pada suhu tinggi. Bentuk tangki dipilih silinder dengan bentuk dasar elips dan pengaduk berbentuk *pitched blade turbine* karena massa yang dihasilkan berbentuk lumpur dan mudah membentuk kerak. Hasil rancangan menunjukkan ukuran tangki, tinggi 33 cm, diameter luar 22 cm, tinggi dasar tangki 4 cm; ukuran daun pengaduk, panjang 8cm, lebar daun 1,6 cm; jarak titik pusat kedasar tangki 8 cm. Kecepatan pengaduk maksimal 500 rpm dengan tenaga gerak pengaduk 0,007 Hp. Jumlah panas yang diperlukan 1950 watt. Hasil uji coba digesti pada digester hasil rancangan sesuai dengan percobaan skala laboratorium.

ABSTRACT

RIRANG URANIUM ORE PROCESSING SYSTEM DESIGN : AGITATED DIGESTER. A closed tank digester equipped with a pitched blades turbine agitator has been designed to facilitate Rirang uranium ore dissolution using concentrated sulphuric acid at high temperature. The digester was designed to accomodate the digestion of 6 kg of -65 mesh ore at 200 °C, acid resistant material (SS-316). It has the dimension of 33 cm high, 22 cm diameter, and elliptical bottom and height of 4 cm. Moreover, the dimension of the 4 blades agitator is as follows; 8 cm long, 1,6 cm blades width. The distance between the blades and digester required 0,007 Hp for a 500 rpm agitation speed and + 24.103 kkal energy equipment for heating. Digestion experiment using the agitated digester yielded data that are ingood agreement with laboratory scale experiment.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Bijih uranium Rirang mengandung beberapa unsur yang mempunyai nilai ekonomis cukup tinggi dengan kadar relatif tinggi diantaranya uranium dengan kadar 0,52 %, logam tanah jarang 63,04 %, fosfat 24,55 %, molibdenum 0,24 % dan torium + 200 ppm¹. Berdasarkan data-data ini maka unsur-unsur tersebut akan dipisahkan dan dimurnikan melalui beberapa tahapan proses. Salah satu tahap awal proses yang dipilih adalah digesti asam. Alat untuk proses ini, digester, perlu dirancang dengan bahan tahan asam dan tertutup.

Data yang diperlukan untuk merancang alat ini diperoleh dari hasil penelitian kondisi proses digesti skala laboratorium². Perancangan alat meliputi ukuran tangki kebutuhan kecepatan pengaduk, daya motor pengaduk, jumlah panas yang dibutuhkan serta bentuk dan ukuran pengaduk.

Tujuan dari perancangan alat digester adalah untuk memperoleh model alat guna menerapkan data kondisi yang diperoleh dari proses digesti skala laboratorium ke skala yang lebih besar.

TEORI

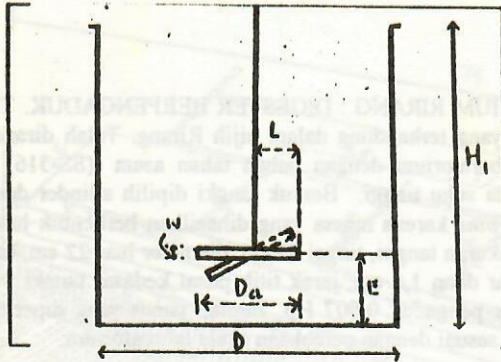
Proses digesti merupakan proses erosi atau korosi. Kecepatan reaksinya tergantung pada jenis, jumlah dan konsentrasi asam yang digunakan, temperatur, waktu, ukuran bijih dan karakteristik permukaan dari partikel pasir. Bila pelarut yang digunakan asam sulfat, maka hasil reaksi yang tidak larut akan menutupi permukaan pasir monasit yang belum terdekomposisi sehingga menghalangi reaksinya dengan asam selanjutnya. Faktor ini juga mempengaruhi kecepatan reaksi. Hal ini bisa diatasi dengan cara menambah kecepatan pengaduk dan mempertahankan fluiditas campuran reaksi.³

Berdasarkan kondisi-kondisi reaksi digesti tersebut maka dipilih material digester, SS-316 karena tahan korosi. Bentuk tangki digester, dipilih bentuk silinder dengan bagian dasar berbentuk ellips. Perhitungan ukuran tangki mengikuti rumus sebagai berikut.⁴

$$V = \frac{\pi}{4} D^2 H_1 + \frac{\pi}{4} D^2 H_2 \dots (1); H_1 = 1,5 D \dots (2); H_2 = \frac{1}{6} D \dots (3)$$

V = volume tangki; D = diameter tangki; H₁ = tinggi tangki (silinder); H₂ = tinggi tangki bagian bawah

Bentuk pengaduk dipilih bentuk *pitched blade turbine* berdaun 4 (empat) seperti gambar berikut.⁵



Gambar 1. Bentuk pengaduk digester dan tata letaknya didalam tangki.

Keterangan gambar :

Da = panjang impeler E = jarak pusat impeler terhadap dasar tangki
W = tebal impeler L = lebar impeler.

Teori untuk menghitung ukuran pengaduk dan tata letak pengaduk dalam tangki adalah sebagai berikut;⁵

$$\frac{Da}{D} = \frac{1}{3} \dots \dots \dots (4); \quad \frac{E}{Da} = 1 \dots \dots \dots (5)$$

$$\frac{W}{Da} = \frac{1}{5} \dots \dots \dots (6); \quad \frac{L}{Da} = \frac{1}{4} \dots \dots \dots (7)$$

Kecepatan putaran dan tenaga gerak pengaduk merupakan hal yang prinsip dalam menentukan pengadukan. Tenaga gerak utama berdasarkan pada keadaan standar motor listrik yang ada. Kecepatan putaran pengaduk dikombinasikan antara kecepatan motor listrik standar dengan standar AGMA (*American Gear Manufacturies Assosiation*). Untuk menghitung kecepatan putaran pengaduk digunakan rumus.⁶

$$n_c Da^{0.85} = SV^{0.1} Dp^{0.2} \left(\frac{\Delta\rho}{\rho} \right)^{0.45} B^{0.13} \dots \dots \dots (8)$$

n_c = kecepatan kritis pengaduk (put/det); Da = diameter pengaduk(cm); V = viskositas kinematik (cm²/det); Dp = ukuran partikel rata-rata (cm); g = percepatan gravitasi (cm/det²); Δρ =perbedaan densitas padat-cair; ρ=densitas zat cair (gr/cm²)

$$B = 100 \times \frac{\text{berat zat padat}}{\text{berat zat cair}}$$

S = konstanta = fungsi dari jenis impeler. D/Da dan D/E

Penentuan tenaga gerak pengaduk menggunakan rumus sbb :

$$P = \frac{Kt n^3 Da^5}{g_c} \dots \dots \dots (9)$$

Kt = konstanta = fungsi dari jenis impeler; n = kecepatan putaran(put/det); Da= diameter impeler (ft); g_c= 32,2 lb/ft³

Penentuan jumlah panas dari pemanas digester.⁷

$$Q = m_s C_{ps} (T_1 - T_0) + ml C_{pl} (T_1 - T_0) + k \frac{A}{L} (T_2 - T_1) \dots \dots (10)$$

Q = jumlah panas yang diperlukan (kalori);
m_s = berat zat padat (gr)
C_{ps} = kapasitas panas zat padat (kal/der gr)
T₀ = suhu awal digester (°C)
T₁ = suhu akhir digester (°C)
T₂ = suhu dinding digester (°C)
ml = berat zat cair (gr)
C_{pl} = kapasitas panas zat cair (kal/der gr)
k = konduktivitas digester (kal/cm² det. der/cm)
A = luas permukaan perpindahan panas (cm²)
L = tebal dinding digester (cm)

PERHITUNGAN DIGESTER

Penentuan ukuran digester

Pada perancangan alat digester, dipakai data pendukung yang diperoleh dari proses digester skala laboratorium sebagai berikut : bijih yang diolah adalah bijih Rirang dengan densitas (ρ) 2 gr/cc; konsumsi asam (H₂SO₄) 2 ton/ton bijih; temperatur 200 °C; waktu 4 jam; ukuran bijih - 65 mesh.

Ditentukan :

- kapasitas bijih Rirang yang akan diolah = 6 kg
bijih Rirang = 2 kg/l

$$\rightarrow \text{volume 6 kg bijih Rirang} = \frac{6 \text{ kg}}{2 \text{ kg/l}} = 3 \text{ l}$$

- H₂SO₄ yang dibutuhkan untuk mengolah 6 kg bijih Rirang = 2 x 6 kg = 12 kg; H₂SO₄ (teknis) = 1,74 kg/l

volume H₂SO₄ yang dibutuhkan = $\frac{12 \text{ kg}}{1,74 \text{ kg/l}} = 6,89 \text{ l} = 7 \text{ l}$

Volume total campuran = 3 l + 7 l = 10 l.

Diambil faktor keamanan 25 % untuk volume pengembangan massa.

Maka volume digester = 1,25 x 10 l = 12,5 l

Berdasarkan rumus (1), (2) dan (3), maka :

$$V = \frac{\pi}{4} D^2 H_1 + \frac{\pi}{4} D^2 H_2 \dots (1)$$

$$12.500 \text{ cc} = \frac{\pi}{4} D^2 (1,5D) + \frac{\pi}{4} D^2 (\dots)$$

$$12.500 = \frac{3/2\pi D^3}{4} + \frac{1/6\pi D^3}{4} = \frac{3\pi D^3}{8} + \frac{\pi D^3}{24} = \frac{9\pi D^3}{24} + \frac{\pi D^3}{24}$$

$$= \frac{10}{24} \pi D^3$$

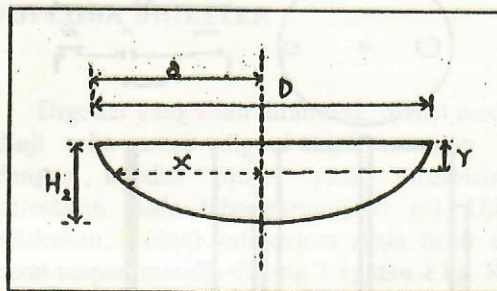
$$D = \sqrt[3]{\frac{30.000}{11}} = 21,2 \text{ cm} = 22 \text{ cm (diameter tangki)}$$

(2) H₁ = 1,5 x D = 1,5 x 22 cm = 33 cm (tinggi tangki/silinder)

(3) H₂ = $\frac{1}{6} D = 3,66 \text{ cm} = 4 \text{ cm}$ (tinggi dasar tangki)

Penentuan Bentuk Dasar Tangki

Bentuk dasar tangki ditentukan berbentuk ellips



diketahui : H₂ = 4 cm
a = 11 cm
D = 22 cm

$$Y = \frac{1}{2} H_2 = \frac{1}{2} \times 4 \text{ cm} = 2 \text{ cm.}$$

Persamaan elips :

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{H_2^2} = 1 \longrightarrow \frac{x^2}{11^2} + \frac{y^2}{4^2} = 1$$

$$\frac{x^2}{121} = 1 - \frac{y^2}{16} \longrightarrow x = \sqrt{121 - \frac{121}{16} y^2} = 9,5 \text{ cm}$$

Penentuan bentuk pengaduk :

Berdasarkan rumus:

$$(4) \frac{Da}{D} = \frac{1}{3} \longrightarrow Da = \frac{1}{3} \times D = \frac{1}{3} \times 22 \text{ cm} = 7,33 = 8 \text{ cm}$$

$$(5) \frac{E}{Da} = 1 \longrightarrow E = Da = 8 \text{ cm}$$

$$(6) \frac{W}{Da} = \frac{1}{5} \longrightarrow W = \frac{1}{5} Da = \frac{1}{5} \times 22 \text{ cm} = 4,4 = 4 \text{ cm}$$

$$(7) \frac{L}{Da} = \frac{1}{4} \longrightarrow L = \frac{1}{4} Da = \frac{1}{4} \times 22 \text{ cm} = 5,5 = 6 \text{ cm}$$

Penentuan kecepatan putaran dan tenaga gerak pengaduk

- Penentuan kecepatan putaran

$$N_c Da^{0,85} = S V^{0,1} D_p^{0,2} \left(\frac{\Delta \rho}{\rho} \right)^{0,45} B^{0,13}$$

Da = panjang impeler = 8 cm

D = diameter tangki = 22 cm

E = jarak pusat impeler terhadap dasar tangki = 8 cm

W = lebar impeler = 1,6 cm

$$D = 22 \text{ cm}$$

$$\frac{D}{Da} = \frac{22}{8} = 2,75$$

$$Da = 8 \text{ cm}$$

$$D = 22 \text{ cm}$$

$$\frac{D}{Da} = \frac{22}{8} = 2,75$$

$$E = 8 \text{ cm}$$

$$Da = 8 \text{ cm}$$

$$\frac{Da}{D} = \frac{8}{22} = 0,36$$

$$W = 1,6 \text{ cm}$$

$$N_p = \text{angka daya} = f(NRe) = 2,5$$

NRe : ditentukan sebesar NRe > 4000 karena aliran campuran dalam tangki berupa aliran turbulen, maka dari gb. 9-14 [6], diperoleh Np = 2,5

μl = viskositas lumpur = [cp]

ν = viskositas kinematik lumpur [cm²/det]

Dp = ukuran partikel rata-rata = -65 mesh = 200 μm = 0,02 cm

g = gaya gravitasi = 980 cm/det²

dari tabel 9-36 [6] diperoleh S = 8,0 dimana S = konstanta (faktor dari bentuk impeler)

$$\frac{\Delta\rho}{\rho} = \frac{(2-1,75) \text{ gr/cm}^3}{1,74 \text{ gr/cm}^3} = 0,34$$

$$g \left(\frac{\Delta\rho}{\rho} \right) = (980 \text{ cm/dt}^2) (0,34) = 333,2 \text{ cm/dt}^2$$

$$B = \frac{\text{berat zat padat}}{\text{berat zat cair}} \times 100 = \frac{1}{2} \times 100 = 50$$

Perhitungan viskositas lumpur.

$$\ln \frac{\mu_l}{\mu_c} = \frac{2,5 \varnothing_s}{1 - \varnothing_s}$$

μ_l = viskositas lumpur [cp];
 μ_c = viskositas zat cair = 0,34 cp

$$\varnothing_s = \text{fraksi volume padat} = \frac{3 \text{ l}}{(3 + 7) \text{ l}} = 0,3$$

$$\ln \frac{\mu_l}{\mu_c} = \frac{(2,5)(0,3)}{1 - 0,3} = 1,07 \rightarrow \frac{\mu_l}{\mu_c} = e^{1,07}$$

$$\mu_l = (e^{1,07}) (0,34 \text{ cp}) = (2,9)(0,34)(0,01) \text{ gr/cm det}$$

ν = viskositas kinematik lumpur

$$\frac{\mu_l \text{ [gr/cm det]}}{\rho \text{ [gr/cm}^3]} = \frac{0,986 \times 0,01}{1,82} \text{ cm}^2/\text{det} = 0,0054 \text{ cm}^2/\text{det}$$

Perhitungan densitas lumpur :

$\rho_l = (\text{fraksi} \times \rho) \text{ zat cair} + (\text{fraksi} \times \rho) \text{ zat padat}$

$$= \left(\frac{2}{3} \times 108,75 \text{ lb/cuft} \right) + \left(\frac{1}{3} \times 125 \text{ lb/cuft} \right)$$

$$= 72,5 \text{ lb/cuft} + 41,67 \text{ lb/cuft} = 114,17 \text{ lb/cuft} = 1,82 \text{ gr/cm}^3$$

$$n_c = \frac{S V^{0,1} D_p^{0,2} \left(g \frac{\Delta\rho}{\rho} \right)^{0,45} B^{0,13}}{Da^{0,85}} \text{ put/det}$$

$$= \frac{(8,0)(0,0054)^{0,11} (0,02)^{0,2} (333,2)^{0,45} (50)^{0,13}}{(8)0,85} \text{ put/det}$$

$$= \frac{(8,0) (0,59) (0,45) (13,65) (1,66)}{(5,85)} \text{ put/det} = 8,2 \text{ put/det}$$

$$n_c = 492 \text{ rpm}$$

Jadi kecepatan kritis pengadukan = 492 rpm, maka dipergunakan kecepatan pengaduk max 500 rpm.

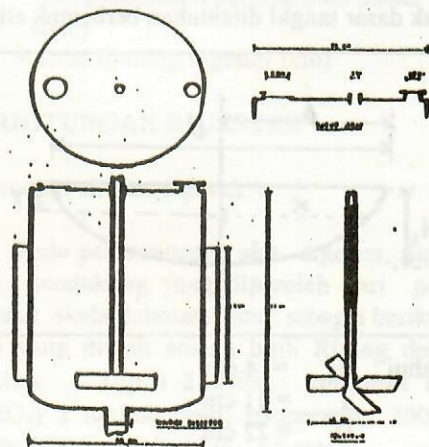
Penentuan tenaga gerak pengaduk

$$P = \frac{K_t \rho_l n^3 Da^5}{g_c}$$

K_t = konstanta dari tabel 9-2 "OTK - 1" = 1,70.
 n = kecepatan putaran (put/det) = 8,23 put/det
 Da = diameter impeler = 8 cm = 0,26 ft
 g_c = percepatan gravitasi = 32,2 lb/ft³
 ρ_l = densitas lumpur = $X_c c + X_p p$
 X_c = fraksi zat cair = 2/3; c = densitas zat cair = 1,74 gr/cc = 108,75 lb/cuft; X_p = fraksi zat padat = 1/3 p = densitas zat padat = 2 gr/cc = 125 lb/cuft
 $l = 2/3(108,75) + 1/3(125)$
 $l = 114,17 \text{ lb/cuft}$

$$P = \frac{(1,70)(114,17)(8,23)^3(0,26)^5}{(32,2)(550)} \text{ HP} = 0,007 \text{ HP}$$

Tenaga gerak pengaduk yang dipergunakan 0,007 HP Pada percobaan ini digunakan motor pengaduk dengan tenaga 0,5 HP.



Gambar 2. Skema alat digester

Penentuan jumlah panas dari pemanas tangki digester

$$Q = m_s C_p (T_1 - T_0) + m_l C_{pl} (T_1 - T_0) + k \frac{A}{L} (T_2 - T_1)$$

M_s = berat zat padat = 6 kg = 6000 gr
 Cp_s = kapasitas panas zat padat = 6,64 kal/der mol
 (asumsi Cp uranium^s) = 0,03 kal/der gr.
 m_l = berat zat cair = 12 kg = 12.000 gr
 Cpl = kapasitas panas zat cair (Cp H₂SO₄ pk) = 0,42 Btu/der
 lb = 0,42 kal/der.gr^s
 k = konduktivitas digester (konduktivitas SS.316^s)
 = 10,9 Btu/hr ft².
 = (1,24)(10,9)(4) kal/cm²der/cm
 = 13,5 kal/cm².det.der/cm.
 A = luas permukaan perpindahan panas (cm²)
 = $D_i H + \pi/4 D_i^2$
 D_i = diameter bagian dalam digester = D - L
 D = diameter bagian luar digester = 22 cm
 L = tebal digester = 0,3 cm
 D_i = (22-0,3) cm = 21,7 cm
 H = tinggi digester = 33 cm
 A = [(21,7)(33) + 1/4 (21,7)²] cm² = 2596 cm²
 T_o = 25 °C; T_1 = 200 °C; T_2 = diambil 250 °C

karena digester terbuat dari bahan stainless-steel berpendinging tipis. maka :

$$Q = (6000)(0,03)(200-25) + (12.000)(0,42)(200-25) + \frac{(2596)}{(0,3)} (250 - 200) \text{ kal} = 24.277.500 \text{ kal.}$$

Jumlah panas yang diperlukan = 24.277.500 kal = 24.277,5 kkal

Energi listrik yang dibutuhkan untuk jumlah panas 24.277,5 kkal = 28,23 kwh.

UJI COBA DIGESTER

Digester yang telah dirancang, dibuat model dan diuji coba untuk digesti bijih uranium Rirang dengan kondisi proses yang diperoleh dari percobaan skala laboratorium (100 gr). Uji coba dilakukan 2 (dua) kali dalam skala besar dengan berat umpan masing-masing 3 kg dan 2 kg. Kondisi proses sbb : konsumsi H₂SO₄ = 2 ton/ton bijih uranium; suhu = 200 °C; waktu = 4 jam; ukuran bijih = -65 mesh

Tabel 1. Hasil uji coba

Uji coba ke :	Jml. bijih U(kg)	Recoveri uji coba (%)			
		U	LTJ	Th	PO ₄ ³⁻
I	3	96,0	97,0	95,4	96,1
II	2	95,6	97,3	96,1	94,9

BAHASAN

Model digester berpengaduk yang telah dirancang, akan digunakan untuk menerapkan data proses digesti (bijih uranium Rirang) skala laboratorium ke skala yang lebih besar. Digesti bijih uranium Rirang menggunakan pelarut asam pekat dan suhu sistem tinggi, oleh karena itu massa yang dihasilkan berbentuk lumpur yang mudah membentuk kerak dan sangat korosif. Berdasarkan hal ini maka dipilih bahan tangki dari stainless-steel-316 yang tahan korosi, bentuknya berupa silinder dengan dasar tangki berbentuk ellips dan pengaduk dipilih bentuk *pitched blade turbine* berdaun empat supaya semua lumpur teraduk sempurna, sedangkan pemanas sistem dipilih dari bahan nikelin.

Perhitungan rancangan ukuran tangki diberi faktor keamanan sebesar 25 % karena massa dapat mengembang. Motor pengaduk yang digunakan mempunyai daya lebih besar (0,5 hp), dari yang dibutuhkan (0,007 hp), karena disesuaikan dengan yang ada di pasaran.

Tangki diberi tutup untuk mengurangi peng-uapan sistem karena pelarut yang digunakan asam pekat dan bersuhu tinggi.

Uji coba proses digesti pada tangki digester hasil rancangan menunjukkan hasil yang relatif sama dengan proses digesti skala laboratorium. Hal ini berarti hasil rancangan ini relatif cukup baik, tetapi pada saat uji coba berlangsung ada kendala yaitu pada bagian pengeluaran lumpur. Lumpur tidak bisa keluar, hal ini ternyata karena sebagian lumpur masuk dan mengeras dalam pipa pengeluaran lumpur, keadaan ini kemungkinan bisa diatasi dengan memperpendek pipa dan diameter lubang diperbesar.

SIMPULAN

Berdasarkan data proses digesti skala laboratorium dengan kondisi, konsumsi H₂SO₄ pekat 2 ton/ton bijih uranium, suhu 200 °C, waktu 4 jam, ukuran bijih - 65 mesh dan karakteristik campuran reaksi (lumpur yang terbentuk) dari bijih uranium Rirang dan asam sulfat pekat maka dirancang.

- Tangki berbentuk silinder dengan kapasitas 6 kg dasar tangki berbentuk ellips, bahan stainless steel-316, diberitutup dengan ukuran sbb : Tinggi tangki 33 cm; diameter (luar) tangki 22 cm; tinggi dasar tangki 4 cm. Pengaduk dipilih berbentuk *pitched*

blade turbin dengan ukuran : Panjang impeler 8 cm; lebar impeler 1,6 cm; lebar daun impeler 2 cm; jarak titik pusat ke dasar tangki 8 cm.

- Hasil perhitungan kecepatan pengaduk dan tenaga gerak pengaduk : Kecepatan pengaduk maksimal 500 rpm; tenaga gerak pengaduk yang diperlukan 0,007 HP
- Jumlah panas yang diperlukan selama proses berlangsung 1950 watt.

Hasil uji coba digesti pada digester ini, dengan kondisi seperti tersebut diatas menghasilkan rekoveri uranium + 96 %, logam tanah jarang + 97 %, torium + 95 % dan fosfat + 95 %. Hasil ini sesuai dengan hasil percobaan digesti skala laboratorium.

UCAPAN TERIMA KASIH.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Bidang Teknik Pengolahan Bahan Nuklir, staf Sub Bidang Hidrometalurgi dan Sub Bidang Analisis Kontrol serta semua pihak yang telah membantu pelaksanaan penelitian ini

DAFTAR PUSTAKA

1. BUSCH, KLAUS, SUPRAPTO, DJAWADI, "Investigation of Uranium Mineralization in the Rirang" Valley, West Kalimantan, Indonesia, (1986).
2. SARDJONO, ERNI RA, ZAHARDI, "Penelitian Bijih Uranium asal Rirang (lanjutan)", Laporan Hasil Penelitian Proyek Penelitian Teknik Eksplorasi dan Penambangan Bahan Nuklir 1992/1993, BATAN, PPBGN, Jakarta.
3. CUTHBERT, F.L., "Thorium Production Technology", repared Under Cobtract with the United States Atomic Energy Commision, National Lend Company of Ohio, hal 64-65, copyright (1958).
4. BROWNELL, L.E.& YOUNG, E. H., "Process Equipment Design", hal 80, Wiley Eastern Limited.
5. PERRY, R ., CHILTON, C. H., "Chemical Engineers Handbook", fifth Edition Mc.Grow-Hill Kogakusha, LTD, hal 19-6, 19-7
6. Mc.CABE, SMITH, HARRIOT dan E. JASJFI, "Operasi Teknik Kimia", Jilid 1, hal 235.

TANYA JAWAB

1. Faizal Riza :

- Apakah ada standarnya dalam suatu perhitungan alat menggunakan faktor keamanan dan berapa range faktor keamanan tersebut.

- Apa dasar menggunakan SS-316 dan apa bedanya dengan SS-316 L

Erni :

- Standar perhitungan alat pada umumnya menggunakan faktor keamanan sekitar 10 - 20 %. Pada perancangan digester ini faktor keamanan ditentukan sebesar 25 % karena hasil reaksi pada digester ini mengembang.
- Dipilih SS-316 karena pada saat itu yang ada di pasar adalah SS-316. Sebetulnya SS-316 lebih tahan korosi.

2. Manto Widodo :

- Apakah yang dapat terpisah dengan alat ini hanya U saja, bila ya, apakah tidak terpikir sekaligus bahwa alat tersbut dapat berguna untuk pemisahan LTJ.
- Apakah tidak merancang suatu alat yang dapat difungsikan untuk pengolahan pemineralan-pemineralan uranium di sekitar Kalan (tidak hanya untuk Rirang saja)

Erni :

- ALat ini tujuannya untuk melarutkan semua unsur-unsur (U, LTJ, Th, PO₄, Mo). Setelah semua larut, baru masing-masing unsur tersebut dipisahkan satu-persatu.
- Alat untuk mengolah pemineralan/bijih U lainnya di Kalan sudah dirancang sebelumnya.

3. Bambang Sutopo :

- Dalam pembawaan makalah tersebut belum disebutkan bentuk contoh yang diolah : apakah sebagai butiran atau serbuk.
- Batasan kadar uranium yang dapat diolah.

Erni :

- Bentuk contoh (bijih Rirang) yang diolah adalah berupa serbuk dengan ukuran minus 65 mesh.
- Kadar uranium yang dapat diolah tidak ada batasannya.

4. Edy Sulistyono :

- Bila dilihat pada proses yang akan terjadi memerlukan panas 1950 watt dan jika dilihat dari rumus yang dipakai pada penentuan ukuran head bentuk ellips mengapa faktor tekanan tidak diperhitungkan.

Erni :

- Proses di sini tidak bertekanan, digester ini diberi tutup tetapi berlubang tiga, yaitu
 1. untuk tempat masuknya sampel
 2. untuk tempat termometer
 3. untuk tempat pengaduk

5. Aldan Djalil :

- Mana yang lebih menguntungkan pemisahan Molibdenum dengan digester berpengaduk atau karbon aktif (Penelitian fiksasi molibdenum dari larutan pelindian bijih uranium)
- Berapa waktu digunakan untuk mengaduk larutan tersebut.

Erni :

- Dalam hal ini kami belum bisa membandingkan karena proses digesti ini adalah proses awal dari pemisahan unsur-unsur tersebut.
- Waktu yang diperlukan adalah 4 jam.

6. Guswita Alwi :

- mohon dijelaskan bagaimana cara menentukan faktor keamanan 25 %
- untuk merancang digester berpengaduk ini selain ukuran apakah jenis bahan yang digunakan juga diperhitungkan.

Erni :

- Faktor keamanan ditentukan 25 % karena proses digesti itu mengembang, sebetulnya faktor keamanan untuk merancang alat yang umum adalah $\times 10 - 20 \%$
- Jenis pengaduk disini dipilih SS-316 juga.

7. Hafni L.N. :

- Tolong dijelaskan dasar pemilihan jenis pengaduk yang dipilih untuk rancangan.
- Kalau tangki digester yang dirancang nantinya *discale-up* ke tangki ukuran yang lebih besar, kira-kira bilangan tak berdimensi apa saja yang diperlukan

Erni :

- Dasar pemilihan jenis pengaduk pada rancangan ini: besar dari viskositas campuran hasil reaksi.
- Bilangan atak berdimensi yang diperlukan :
 1. Bilangan Reynold
 2. Faktos S pada penentuan kecepatan peng-adukan