

FIKSASI MOLIBDENUM DARI LARUTAN PELINDIAN BIJIH URANIUM DENGAN KARBON AKTIF

Mainar S., Guswita.A., Erni.R.A., Susilaningtyas
Pusat Pengembangan Bahan Galian Nuklir

ABSTRAK

FIKSASI MOLIBDENUM DARI LARUTAN PELINDIAN BIJIH URANIUM DENGAN KARBON AKTIF. Telah dilakukan penelitian fiksasi Mo dari larutan hasil pelindian bijih U dengan menggunakan karbon aktif dengan metode bulk dan diaduk untuk menghilangkan/mengurangi molibdenum dalam larutan. Ini karena Mo berpengaruh pada proses pemurnian U dengan resin penukar ion atau ekstraksi pelarut. Proses fiksasi dipengaruhi oleh beberapa parameter, diantaranya luas permukaan butir karbon aktif, diameter pori, perbandingan berat karbon aktif dengan volume larutan, dan waktu kontak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada kondisi 4 gr karbon/100 ml larutan dengan ukuran butir 0,85 - 1,18 mm, dan waktu kontak 6 jam, Mo difiksasi sebanyak ± 0.50 mmol dan U yang ikut difiksasi sebanyak $\pm 0,026$ mmol dalam larutan yang mengandung Mo $\pm 0,56$ m mol dan U $\pm 0,25$ m mol. Larutan umpan yang mengandung RE tinggi menurunkan fiksasi Mo oleh karbon, sehingga pemakaian karbon aktif untuk memisahkan Mo dari larutan hasil digesti bijih Rirang kurang efektif dimana Mo difiksasi $\pm 34,5$ %.

ABSTRACT

FIXATION OF Mo IN URANIUM LEACH LIQUOR BY ACTIVATED CARBON. The use of activated carbon for Mo fixation by bulk system is reported. Several factors influencing the fixation process were examined, including contact time, carbon particle size, carbon porosity and the effect of other elements present in Mo containing solutions. Experimental data showed that an adsorption equilibrium of Mo on 4 gr of activated carbon and 0,85 to 1,18 mm of carbon particle size under forced-convection mass transfer in 100 ml solution that contains $\pm 0,56$ m mol of Mo and $\pm 0,25$ m mol of U was reached after 6 hours period. Under those conditions, about 0,50 m mol of Mo and 0,026 m mol of U were adsorbed into the carbon. High concentration of rare earth elements decreased Mo adsorption, hence, the use of activated carbon was not effective to separate Mo from the digestion liquor of Rirang ore where Mo was adsorbed into the carbon $\pm 34,5$ %.

PENDAHULUAN

Bijih uranium asal Rirang selain mengandung uranium juga mengandung molibdenum. Susunan unsur dalam bijih Rirang adalah sebagai berikut: U = 0,52 %, RE = 63,04%; Mo = 0,24 % dan Th = 0,02 %¹. Pelindian dengan asam sulfat untuk melarutkan uranium dari bijihnya akan melarutkan semua unsur-unsur yang mudah larut dalam asam sulfat termasuk molibdenum. Semua unsur - unsur terlarut tersebut merupakan pengotor terhadap konsentrat uranium yang dihasilkan. Oleh karena itu, larutan hasil pelindian bijih uranium harus dimurnikan. Molibdenum dalam asam sulfat membentuk kompleks anion molibdo sulfat $\text{MoO}_2(\text{SO}_4)_3^{-4}$ yang sama dengan kompleks anion uranil sulfat $\text{UO}_2(\text{SO}_4)_3^{-4}$. Jika larutan hasil pelindian bijih uranium dimurnikan dengan resin penukar ion, maka ion kompleks molibdo sulfat dan uranil sulfat akan bersaing untuk diikat oleh resin penukar ion. Ion kompleks molibdo sulfat akan terikat lebih kuat dari pada ion kompleks uranil sulfat, karena afinitasnya lebih besar. Ketika dilakukan elusi yaitu proses untuk melepaskan

kembali ion kompleks uranil, ion kompleks molibdo tetap terikat pada resin. Jika proses ini berjalan lebih lanjut, maka selanjutnya resin akan jenuh dengan ion kompleks molibdo sulfat, sehingga resin tidak dapat mengikat ion kompleks uranil sulfat. Oleh karena itu jumlah molibdenum dalam larutan hasil pelindian bijih uranium harus dihilangkan/dikurangi. Salah satu cara yang dapat dilakukan adalah dengan memfiksasi molibdenum dengan karbon aktif. Fiksasi adalah penyerapan senyawa oleh karbon aktif yang dapat dilakukan dengan metode bulk dan aliran. Penelitian dengan metode bulk dilakukan dengan cara merendam karbon aktif dalam larutan umpan dan diaduk selama waktu tertentu. Karbon aktif yang digunakan buatan pabrik HYCAB - Australia. Proses fiksasi dipengaruhi oleh beberapa parameter, diantaranya luas permukaan butir karbon aktif, diameter pori, perbandingan berat karbon aktif dengan volume larutan, dan waktu kontak. Pengamatan penelitian meliputi: 1. ukuran butir karbon aktif, 2. perbandingan berat karbon dengan volume larutan, 3. waktu kontak karbon dengan larutan umpan, dan 4. penggunaan larutan hasil proses

fiksasi untuk umpan pada pemurnian uranium dengan resin penukar ion.

TEORI

Karbon aktif adalah senyawa organik yang dibuat dengan cara karbonisasi dari bahan dasar batubara, batok kelapa, dan kayu. Proses karbonisasi meliputi dehidrasi bahan dasar, karbonisasi, atau mengubah bahan dasar ke bentuk campuran amorf dan kristal karbon, dan selanjutnya bahan itu diaktifasi dengan cara dibakar dengan bahan seperti uap air atau karbon dioksida (CO_2), sehingga terbentuk hasil akhir yang berpori. Hasil yang diperoleh dengan proses ini terutama adalah karbon dengan sedikit bahan lain yang ada dalam bahan dasar, juga mempunyai gugus fungsional yang mengandung oksigen sebagai hasil proses aktivasi. Bagian dalam dari butir karbon sangat berpori yang terdiri dari makropori dengan diameter pori 1000 Å, mikro pori dengan diameter pori 10 - 2000 Å, dan pori dengan diameter <10 Å yang umumnya tidak dapat dimasuki oleh molekul zat terlarut. Distribusi ukuran pori sebagian besar merupakan fungsi dari proses fabrikasi. Luas permukaan luar total adalah antara 500- 1000 m^2/gr . Daya serap karbon aktif terutama merupakan fungsi dari bentuk struktur pori atau setara dengan luas permukaan pada produk akhir dari proses karbonisasi.³

Proses fiksasi molibdenum oleh karbon aktif merupakan serapan secara elektrostatis yang umumnya berasal dari daya tarik kolombik antara ion dan muatan gugus fungsional.³ Kapasitas fiksasi berkaitan dengan luas permukaan, ukuran molekul zat terlarut dan diameter pori. Kinetika fiksasi adalah sebagai berikut : tahap pertama molekul yang difiksasi akan berpindah dari cairan ke permukaan luar butir karbon, sehingga terjadi lapisan tipis pada permukaan butir karbon (*boundary layer*). Tahap kedua molekul yang difiksasi akan berpindah dari bagian luar butir ke tempat fiksasi melalui pori. Pada tahap ketiga, dalam waktu yang sama dengan tahap kedua pada waktu proses perpindahan berlangsung, molekul difiksasi dan dipegang oleh permukaan.³ Pada makalah ini diameter pori dan ukuran molekul zat terlarut dianggap parameter tetap, karena larutan dan karbon yang dipakai sama. Sebagai parameter berubah yang analog dengan luas permukaan adalah jumlah dan ukuran butir, sedangkan waktu kontak merupakan parameter terhadap kinetika fiksasi.

BAHAN DAN ALAT

Bahan

Bahan yang dipakai adalah larutan hasil pelindian bijih uranium yang mengandung molibdenum, karbon aktif buatan pabrik HYCAB Australia, resin Duolit 101, bahan kimia untuk analisis Mo, dan U.

Alat

Alat yang dipakai adalah timbangan semi analitis, seperangkat spektrofotometer, pH meter, furnace, pengaduk magnet stirer, kolom resin dan alat gelas.

Tata kerja

Larutan umpan disiapkan (larutan pelindian bijih uranium yang mengandung molibdenum). Karbon sebelum dipakai dipanaskan pada suhu 700 °C selama 1 jam.

1. Menentukan waktu kontak

Karbon dengan ukuran butir ditetapkan, dan ditimbang sebanyak 5 gram, dan dimasukkan ke dalam beker gelas 250 ml. Lalu ia direndam dalam aquades selama satu malam, dan selanjutnya airnya didekantasi. Larutan umpan sebanyak 150 ml ditambahkan. Fiksasi dilakukan dengan waktu kontak 1/2, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 24, dan 30 jam. Selama proses fiksasi larutan diaduk terus menerus. Kadar Mo dan U dari larutan dianalisis dengan waktu kontak seperti tersebut diatas. Data yang diperoleh dievaluasi, sehingga didapat waktu kontak yang dikaitkan dengan jumlah Mo yang difiksasi.

2. Menentukan pengaruh ukuran butir terhadap fiksasi Mo

Karbon dengan ukuran yang diinginkan masing - masing ditimbang sebanyak 5 gram dan dimasukkan ke dalam beker gelas 250 ml, lalu direndam dalam aquades selama satu malam. Selanjutnya airnya didekantasi. Larutan umpan masing-masing sebanyak 100 ml ditambahkan. Proses fiksasi dilakukan selama 3 jam. Selesai fiksasi, larutannya diambil untuk dianalisis kadar Mo dan U-nya. Data dievaluasi untuk memperoleh ukuran butir yang dikaitkan dengan jumlah Mo yang difiksasi.

3. Menentukan jumlah karbon

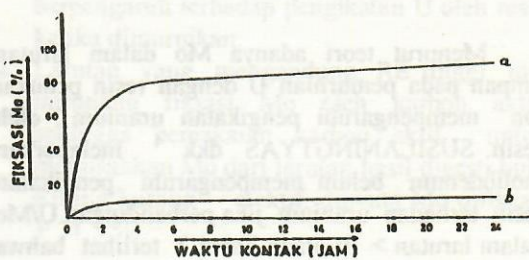
Hal yang sama dilakukan dengan ukuran butir yang optimal pada percobaan 2 dan waktu kontak 3 jam dengan variasi jumlah karbon aktif. Data yang diperoleh dievaluasi untuk mendapatkan jumlah karbon yang dikaitkan dengan jumlah Mo yang difiksasi.

4. Penggunaan larutan umpam setelah fiksasi pada resin penukar ion Duolite 101.

Resin dikondisikan dengan asam sulfat pH 1,7, kemudian *loading* dilakukan dengan larutan umpam hasil pelindian bijih U yang mempunyai pH 1,7. Setelah resin jenuh, resin dicuci untuk menghilangkan kotoran yang melekat pada resin. Selanjutnya ia dielus dengan larutan campuran NaCl 1 M dan H₂SO₄ 0,1 M. Hal yang sama dilakukan seperti cara di atas dengan umpam larutan hasil pelindian yang difiksasi dengan karbon. Analisis kimia U dan Mo dilakukan. Data dievaluasi untuk memperoleh perbedaan daya ikat resin terhadap U.

HASIL DAN BAHASAN

Data hasil percobaan fiksasi molibdenum yang menggunakan karbon aktif disajikan dalam bentuk gambar.

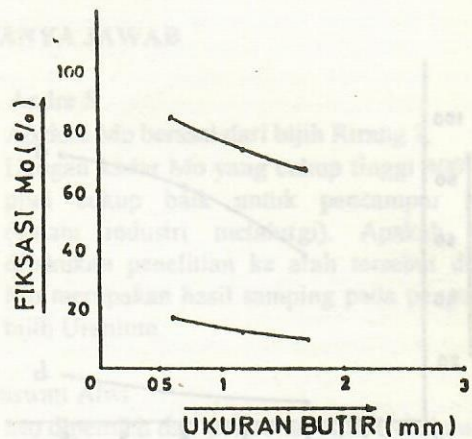


Gambar 1. Hubungan waktu kontak dengan fiksasi Mo (a) & U (b)

Kondisi: Ukuran butir 1,4 - 1,7 mm, jumlah karbon 5 gr. Volume larutan 150 ml kadar Mo = 1195 ppm, U = 1135 ppm

Gambar 1 memperlihatkan hubungan antara waktu kontak dengan prosentase Mo dan U yang difiksasi. Terlihat bahwa waktu kontak berpengaruh terhadap banyaknya Mo dan U yang difiksasi. Semakin lama waktu kontak semakin banyak Mo dan U yang difiksasi. Hal ini berdasarkan pada kinetika serapan karbon aktif terhadap senyawa Mo dan U yang ada dalam larutan. Senyawa Mo dan U memerlukan waktu untuk berpindah dari larutan ke permukaan butir karbon dan selanjutnya masuk ke dalam pori

karbon untuk diikat oleh gugus fungsional oksigen dari karbon aktif. Semakin lama waktu kontak, semakin banyak kesempatan dari senyawa kompleks Mo dan U yang berpindah ke permukaan butir karbon, sehingga semakin banyak senyawa Mo dan U yang difiksasi oleh karbon aktif. Fiksasi optimum Mo terlihat pada waktu kontak 6 jam yaitu 88 % sedangkan U ikut terfiksasi 8 %. Untuk waktu kontak lebih dari 6 jam kenaikan fiksasi kecil, kurva mendatar.



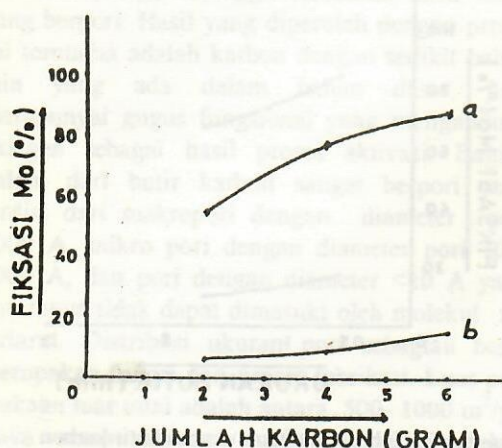
Gambar 2. Hubungan antara ukuran butir karbon dengan fiksasi Mo (a) dan U (b)

Kondisi: jumlah karbon 5 gr, Waktu kontak 3 jam Volume larutan 100 ml kadar Mo = 1230 ppm, U = 1175 ppm

Menurut teori daya serap karbon aktif yang mempunyai porositas tinggi, ukuran butir tidak berpengaruh terhadap daya serap.³ Tetapi kenyataannya pada Gambar 2, hubungan antara ukuran butir karbon dengan fiksasi Mo dan U ada pengaruhnya, semakin halus ukuran butir karbon semakin banyak jumlah Mo dan U yang difiksasi. Hal ini karena semakin halus ukuran butir karbon semakin luas permukaan butir karbon. Luas permukaan butir merupakan salah satu faktor yang berpengaruh terhadap daya serap. Dilihat dari segi pelaksanaan kerja, jika digunakan ukuran butir yang halus akan menimbulkan masalah pada pemisahan karbon dari larutan hasil fiksasi untuk proses lebih lanjut. Selain hal tersebut, untuk butir yang halus, karbon banyak yang ikut terbuang pada saat dekantasi dilakukan. Oleh karena itu digunakan ukuran butir antara 0,85 - 1,18 mm (-14 + 18 mesh). Dengan ukuran butir tersebut Mo difiksasi cukup banyak dan U yang ikut terfiksasi relatif kecil.

Pada Gambar 3 tampak bahwa semakin banyak jumlah karbon yang digunakan semakin banyak Mo dan U yang difiksasi. Hal ini disebabkan semakin banyak jumlah karbon akan semakin

luas dan banyak jumlah pori yang ada, sehingga Mo dan U yang difiksasi akan naik. Percobaan selanjutnya menggunakan karbon sebanyak 4 gr/100ml larutan, karena dengan jumlah tersebut U yang ikut difiksasi sebanyak $\pm 0,043$ mmol, sedangkan Mo telah difiksasi sebanyak $\pm 0,92$ mmol dalam larutan umpan yang mengandung 1,18 mmol Mo dan 0,43 mmol U dengan waktu kontak 3 jam dan ukuran butir 0,85 - 1,18 mm. Jika digunakan jumlah karbon lebih banyak, maka U yang difiksasi lebih banyak pula. Hal ini tidak diinginkan.



Gambar 3. Hubungan antara jumlah karbon dengan fiksasi Mo (a) & U(b)
Kondisi : Ukuran butir 0,85 - 1,18 mm,
waktu kontak 3 jam
volume larutan 100 ml,
kadar Mo = 1135 ppm, U = 1030 ppm

Penggunaan kondisi fiksasi pada larutan umpan hasil pelindian dinamik dan digesti bijih U yang mengandung RE dan Mo disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Fiksasi Mo dan U

Jenis	Mo	U	RE
Umpan 1 (ppm)	1156,0	1213,3	1785
Difiksasi(%)	65,1	8,0	8,7
umpan 2(ppm)	315,3	469,4	55940
Difiksasi(%)	34,5	11,2	4,9
Umpan 3 (ppm)	1482,6	1133,9	-
Difiksasi(%)	80,1	6,2	-

Keterangan: jumlah karbon 4 gr, ukuran butir > 1,18 mm (+ 14 mesh), waktu kontak 5 jam, volume larutan 100 ml. umpan 1 = larutan hasil pelindian dina-mik bijih U asal Rirang, umpan 2 larutan hasil digesti bijih U asal Rirang, umpan 3 larutan hasil pelindian dinamik bijih U BM 281.

Pada Tabel 1 tampak bahwa untuk larutan umpan yang mengandung RE relatif kecil (umpan 1), daya fiksasi karbon terhadap Mo lebih besar daripada larutan umpan yang mengandung RE besar (umpan 2). Hal ini karena jumlah senyawa RE dalam larutan umpan 2 sangat banyak yang akan menghalangi senyawa Mo mendekati permukaan butir karbon, sehingga jumlah Mo yang difiksasi sedikit. Larutan umpan yang tidak mengandung RE daya fiksasinya terhadap Mo lebih tinggi (80,1%).

Penggunaan larutan hasil proses fiksasi dan larutan sebelum difiksasi untuk umpan pada pemurnian U dengan resin penukar ion Duolite 101 disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Penggunaan larutan pada pemurnian U

larutan umpan	Kandungan (ppm)		Daya ikat resin terhadap U (gr U/ lt resin)
	Mo	U	
1	476,4	521,0	+ 34,6
2	55,0	474,0	+ 49,8
3		500,0	+ 55,0

Keterangan : umpan 1 larutan tanpa fiksasi
umpan 2 larutan setelah fiksasi Mo
umpan 3 larutan yang tidak mengandung Mo
Fiksasi dilakukan selama 6 jam dengan ukuran butir karbon < 14 mesh (< 1,18 mm)

Menurut teori adanya Mo dalam larutan umpan pada pemurnian U dengan resin penukar ion mempengaruhi pengikatan uranium oleh resin. SUSILANINGTYAS dkk⁴ melaporkan molibdenum belum mempengaruhi pengikatan resin terhadap uranium jika perbandingan U/Mo dalam larutan > 10. Pada Tabel 2 terlihat bahwa perbandingan U/Mo, baik dalam umpan 1 maupun dalam umpan 2, masih < 10. Oleh karena itu molibdenum dalam umpan 2 harus difiksasi ulang agar perbandingan kadar U/Mo dalam larutan > 10, sehingga tidak berpengaruh terhadap pengikatan uranium oleh resin. Hasil fiksasi ulang dari larutan umpan yang mengandung Mo = 536 ppm dan U 582 ppm disajikan pada Tabel 3.

Pada Tabel 3 tampak bahwa Mo difiksasi sebanyak 0,503 m mol dan U sebanyak 0,026 m mol dalam 100 ml larutan yang mengandung Mo sebanyak 0,558 m mol dan U sebanyak 0,245 m mol oleh 4 gr karbon ukuran butir 0,85 - 1,18 mm dan waktu kontak 6 jam.

Tabel 3. Fiksasi larutan umpan

Fiksasi ke	Mo	U	Mo	U
	dalam larutan (ppm)		difiksasi (%)	
0	536,1	582,5		
1	53,1	519,6	90	10,8
2	5,8	470,5	89	9,5

Keterangan : jumlah karbon 4 gr, ukuran butir 0,85-1,18 mm
volume larutan 100 ml, waktu kontak 6 jam

SIMPULAN

ari data yang diperoleh dapat disimpulkan sebagai berikut;

1. Karbon aktif dapat dipergunakan untuk fiksasi molibdenum dari larutan hasil pelindian bijih uranium.
2. Fiksasi menggunakan kondisi 4 gr karbon/100 ml larutan dengan ukuran butir 0,85 - 1,18 mm, dan waktu kontak 6 jam menghasilkan Mo yang difiksasi sebanyak $\pm 0,50$ m mol dan U ikut difiksasi sebanyak $\pm 0,026$ m mol, dalam larutan umpan yang mengandung Mo sebanyak $\pm 0,56$ m mol dan U $\pm 0,25$ m mol.
3. Larutan umpan fiksasi yang mengandung Mo dan U dengan kadar Mo yang sama atau lebih besar dari kadar U harus difiksasi ulang, agar menghasilkan larutan dengan ratio U/Mo lebih besar dari pada 10, sehingga tidak berpengaruh terhadap pengikatan U oleh resin ketika dimurnikan.
4. Larutan yang mengandung RE tinggi menurunkan fiksasi Mo oleh karbon aktif, sehingga pemakaian karbon aktif untuk memisahkan Mo dari larutan hasil digesti bijih Rirang kurang efektif, dimana Mo difiksasi + 34,5 %.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Saudara Rossi Setiadj, Ph.D yang telah memberikan saran dalam penyusunan makalah dan Andung Nugroho serta Sopri yang telah membantu menyediakan bahan penelitian ini.

PUSTAKA

1. BUSCH, K., SUPRAPTO and DJAWADI, "Investigation of the Uranium Mineralization In the Rirang Valley. West Kalimantan, Indonesia", Commissioned by the Federal Ministry of Research and Technology, Bonn, 1987.

2. CLEGG, JHON.W, and FOLLEY, DENIS.D. "Uranium Ore Processing", Addison-Wesley Publishing Company, Inc, USA 1958.
3. THOMAS C. VOICE. "Activated-Carbon Adsorption, in Standard Hand book of Hazardous Waste Treatment and Disposal", HARRY M, FREEMAN, Editor in Chief, Mc Graw Hill-1988. Section 6,1.
4. SUSILANINGTYAS, PUDJIANTO.R, MUKHLIS. "Pengaruh Molibdenum pada Pemurnian Uranium dengan Resin Penukar Ion". Laporan Penelitian 1993/1994.

TANYA JAWAB

1. Andre S

- Apakah Mo berasal dari bijih Rirang ?
- Dengan kadar Mo yang cukup tinggi 400 - 500 ppm cukup baik untuk pencampur logam (dalam industri metalurgi). Apakah sudah dilakukan penelitian ke arah tersebut dimana Mo merupakan hasil samping pada pengolahan bijih Uranium.

Guswati Alwi

- Mo diperoleh dari pelarutan bijih Uranium yang berasal dari bijih Uranium Rirang dan bijih Uranium BM 281 tekan.
- Sampai saat ini belum dilakukan penelitian terhadap Mo yang merupakan hasil samping pada pengolahan bijih Uranium.

2. Djarot

- Manakah lebih efisien Proses I : Pemurnian Uranium Fiksasi Mo + penuhan ion / ekstraksi + elusi Uranium.
- Proses II : Pemurnian Uranium Penuhan ion / ekstraksi + elusi dari Uranium dan Mo.
Meningkat hasil fiksasi terikut 10% Uranium.

Guswita Alwi

Proses I lebih efisien dan pada proses II karena :

- Dengan memfiksasi Mo terlebih dahulu maka umur resin lebih panjang karena jumlah Mo yang diikat resin lebih sedikit, dengan sendirinya Uranium yang diikat resin lebih banyak. Jika Mo tidak deplisasi lebih dahulu maka Mo yang diikat resin akan lebih banyak dan pada saat dielusi Mo akan tetap menempel pada resin sehingga lama kelamaan resin tidak dapat mengikat Uranium lagi (tidak dapat digunakan lagi untuk memurnikan larutan hasil pelindian bijih Uranium).
Walaupun hasil fiksasi Uranium ikut terfiksasi sebanyak $\pm 10\%$, tetapi Uranium yang terserap tersebut dapat dielusi/dilarutkan kembali.

PERANCANGAN ALAT PENGENDAPAN URANIUM SECARA KONTINYU DAN APLIKASINYA

Faizal Riza dan Hafni Lissa Nuri
Pusat Pengembangan Bahan Galian Nuklir

ABSTRAK

PERANCANGAN ALAT PENGENDAPAN URANIUM SECARA KONTINYU DAN APLIKASINYA. Telah dilakukan perancangan alat pengendapan uranium secara kontinyu skala laboratorium. Penelitian ini dilakukan untuk memperoleh ukuran alat, unjuk kerja dan efisiensi proses (*recovery*) pengendapan yang dapat diterapkan pada proses skala lebih besar (*pilot*). Peralatan ini terdiri dari 3 (tiga) buah tangki pengendap dan penenap yang dirangkai secara seri, dimana tangki pengendap berbentuk silinder berpengaduk dengan diameter 30 cm dan tinggi 37,5 cm dan tangki penenap berbentuk konis bawah 30° dengan tinggi konis 10 cm, diameter 40 cm dan tinggi 12,5 cm. Proses ini dilakukan dalam 2 (dua) tahap yaitu proses pemurnian dan proses pengambilan uranium. Tahap pertama, larutan uranium direaksikan dengan reagen CaO 1,5 % (perbandingan kecepatan alir 3,5 : 1) pada pH 3,3 - 3,5 dan waktu tinggal 1 jam. Tahap kedua, pengambilan uranium dengan menambahkan NH₄OH 0,15 N (perbandingan kecepatan alir 8 : 1) pada pH 6,8 - 7,0 dan waktu tinggal 1 jam. Didapat efisiensi proses pengendapan > 99 % dengan kadar uranium dalam *yellow cake* sekitar 70 %.

ABSTRACT

CONTINUOUS URANIUM PRECIPITATION EQUIPMENT DESIGN AND ITS APPLICATIONS. A Laboratory scale equipment for continuous uranium purification and recovery process has been designed. This work was aimed to simulate and study a pilot scale equipment performance and efficiency for similar purposes. The laboratory scale equipment consist of three precipitation setting tank units that are arranged in series. Each cylindrical precipitation tank has the dimension of 30 cm diameter and 37,5 cm hight and equipped with agitator. Each settling tank has the dimension of 40 cm diameter and 12,5 cm hight. The tank 30° conical bottom end has the height of 10 cm. Continuous purification and recovery of uranium were achieved in two step. In first step, a uranium containing eluent was mixed with 1,5 % of CaO solution (flow rate ratio 3,5 to 1) at pH 3,3 to 3,5 for one hour. In the second step, uranium was recovered by addition of 0,15 N of NH₄OH (flow rate ratio 8 to 1) at pH 6,8 to 7,0 for one nour. Based on those conditions, a high uranium recovery of 99% was obtained and the yellow cake product contains 70 % of uranium.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pengendapan uranium merupakan proses yang penting dalam proses pengolahan bijih uranium disamping pelindian, pemisahan padat cair dan pemurnian. Pengendapan adalah proses pengambilan uranium dari larutan uranium hasil pemurnian dengan mereaksikan reagen tertentu untuk mendapatkan hasil endapan yang disebut *yellow cake*. Saat ini pengendapan uranium masih dilakukan secara catu, maka untuk menghasilkan *yellow cake* berkapasitas besar dengan proses yang lebih ekonomis dan praktis perlu dilakukan pengendapan uranium secara kontinyu karena proses pengendapan secara kontinyu secara operasional lebih mudah bila dibandingkan dengan proses pengendapan secara catu. Perancangan alat pengendapan uranium secara kontinyu dilakukan untuk memperoleh data ukuran alat dan kondisi proses serta unjuk kerja alat guna menunjang penyusunan pra studi kelayakan pengolahan bijih uranium serta

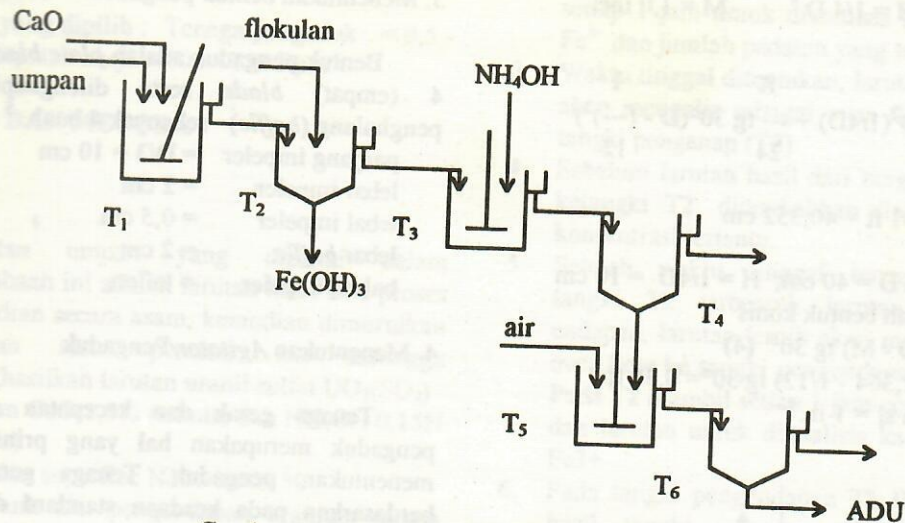
menerapkan proses tersebut pada skala yang lebih besar.

TinjauanPustaka.

Pengendapan larutan uranium dari larutan uranium hasil pemurnian merupakan tahapan proses terakhir yang sangat penting pada pengolahan bijih uranium, karena hasil yangdiperoleh merupakan produk berupa *yellow cake* yang dipakai sebagai dasar bahan bakar elemen nuklir.

Pada umumnya proses/kwalitas *yellow cake* dipengaruhi oleh pengotor yang ada dalam larutan hasil pemurnian (elusi), konsentrasi reagen, temperatur, waktu pengendapan.¹ Pengotor eluat sebagai umpan pada proses pengendapan yang dominan adalah Fe³⁺, karena Fe³⁺ akan mempengaruhi hasil endapan yang diperoleh. Pengendapan secara kontinyu dapat dilakukan dengan;

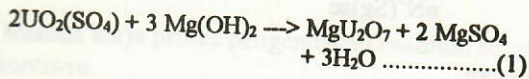
- Pengendapan langsung (satu tahap)
- Pengendapan bertingkat (dua tahap)



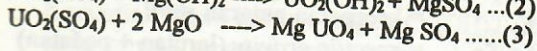
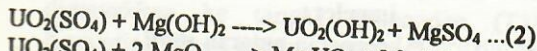
Gambar 1. Alat pengendapan kontinyu bertingkat

1. Pengendapan langsung (satu tahap)

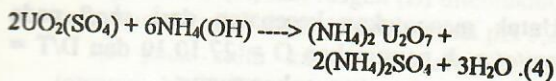
Eluat diendapkan dengan $Mg(OH)_2$, tetapi pada pengendapan ini eluatnya harus mempunyai pengotor yang kecil. Reaksi kimia antara $Mg(OH)_2$ dan ion uranil sulfat ditunjukkan dengan reaksi sebagai berikut :



Reaksi samping yang terjadi sebagai berikut;



sedangkan reaksi yang menggunakan NH_3 adalah sebagai berikut :



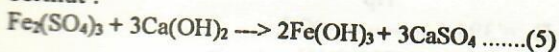
2. Pengendapan bertingkat (dua tahap)

Pengendapan bertingkat dipergunakan karena larutan hasil pemurnian masih banyak mengandung Fe^{3+} , dimana Fe^{3+} akan mempengaruhi warna, kadar *yellow cake* serta kemurnian hasil pengendapan.

Pengendapan bertingkat pada umumnya dilakukan dengan tahapan proses sebagai berikut;

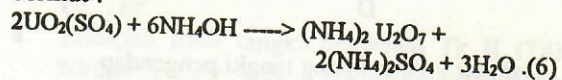
- Tahap pengendapan I

Pada tahap ini larutan umpan yang masih banyak mengandung unsur Fe^{3+} diendapkan dengan $Ca(OH)_2$ sesuai dengan persamaan reaksi berikut :



- Tahap pengendapan II

Pada tahap ini larutan hasil pengendapan I (filtratnya) direaksikan dengan NH_4OH guna mendapatkan (ADU) Amonium Diuranat atau *yellow cake*, sesuai dengan persamaan reaksi berikut :



Skema alat pengendapan bertingkat dapat dilihat pada gambar 1.

PERHITUNGAN ALAT PENGENDAPAN BERTINGKAT SECARA KONTINYU

1. Menentukan besar tangki pengendapan.

Dalam perancangan alat pengendapan uranium ini, dipakai data pendukung, yang diperoleh dari pengendapan secara *batch* (tabel 1).
Volume tangki pengendapan = 22,5 liter

$$Volume = \frac{\pi}{4} D^2 H. \text{ Diambil } H = 1,25 D^4$$

$$D = 2,8 \text{ dm Diambil } D = 30 \text{ cm}$$

$$H = 1,25 \times 30 \text{ cm} = 37,5 \text{ cm}$$

2. Menentukan besar tangki penganap.

Volume tangki penganap = 22,5 liter = 0,80 ft³. Ditentukan tutup bawah penganap berbentuk konis 30°

$$Volume = \frac{\pi}{4} (D^2 H) + \frac{\pi}{24} \text{tg } 30^\circ (D - M)^3$$

Diambil $H = 1/4 D^4$ $M = 1,0$ inci

$$0,80 = \frac{\pi}{4} D^2(1/4D) + \frac{\pi}{24} \text{tg } 30^\circ (D - \frac{1}{12})^3$$

$$D = 1,401 \text{ ft} = 40,352 \text{ cm}$$

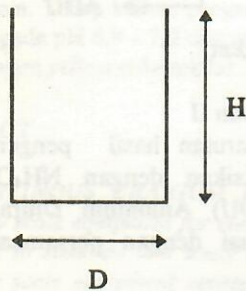
Ditentukan $D = 40$ cm; $H = 1/4D = 10$ cm

Tutup bawah bentuk konis

$$b = 1/2(D - M) \text{tg } 30^\circ \quad (4)$$

$$= 1/2(1,364 - 1/12) \text{tg } 30^\circ = 0,35 \text{ ft}$$

Ditentukan $sf = 1 \text{ in.}^4$



Gambar 2. Penampang tangki pengendap

Keterangan :

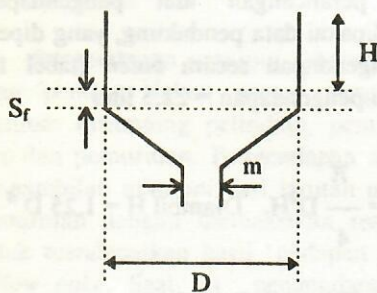
Diameter = 30 cm

Tinggi = 37,5 cm

Bentuk = silinder

Bahan = flexy glass

Tebal = 5 mm



Gambar 3. Penampang tangki penganap

Keterangan :

Diameter = 40 cm

Tinggi silinder = 12,5 cm

Tinggi konis = 10 cm

Bukaan = 2,5 cm

Bahan = plexy glas

Tebal = 5 mm

3. Menentukan bentuk pengaduk.

Bentuk pengaduk adalah *plate blade* dengan 4 (empat) *blade* serta dilengkapi sistem penghalang (*baffle*) sebanyak 4 buah.⁵

panjang impeler = $D/3 = 10$ cm

lebar impeler = 2 cm

tebal impeler = 0,5 cm

lebar *baffle* = 2 cm

bahan impeler = teflon

4. Menentukan Agitator/Pengaduk

Tenaga gerak dan kecepatan *shaft* dari pengaduk merupakan hal yang prinsip dalam menentukan pengaduk. Tenaga gerak utama berdasarkan pada keadaan standard dari motor listrik yang ada, kecepatan perputaran *shaft* dikombinasikan dengan standard kecepatan motor listrik dalam kombinasi standard AGMA (*American Gear Manufacturies Assn.*)⁵

Untuk memperkirakan diameter *impeler* turbin *agitator* yang diinginkan, dipakai rumus sebagai berikut :

$$D = 394 \left(\frac{H_p}{nN^3(Sg)Se} \right)^{0,2} \quad (6)$$

dengan:

D = Diameter impeler

HP = Tenaga pengaduk; n = jumlah impeler

N = kecepatan putaran *shaft*

(Sg)Se = *specific gravity* (larutan + padatan)

D = 10 cm = 3,93 in

n = 4

Untuk menentukan kecepatan dari *shaft* pada *agitator* di pergunakan $O = 27.10.10$ dan $D/T = 0,3$ ⁶. Dengan menggunakan rumus :

$$O = N^{3,75} D^{2,81} / U_d^6$$

dengan :

N = kecepatan *shaft*, Rpm

D = Diameter impeler, in

Ud = Perancangan kecepatan penganapan, ft/menit (diambil= 10)

$$O = N^{3,75} D^{2,81} / U_d$$

$$N = 739 \text{ rpm}$$

Untuk menentukan tenaga gerak, dipergunakan rumus :

$$D = 394 \left(\frac{H_p}{nN^3(Sg)Se} \right)^{0,2}$$

$$D = 394 \left(\frac{H_p}{(4)(739)^3 (1)} \right)^{0,2}$$

Tabel 1. Variasi penambahan CaO 1,5% (w/v)

Item	CaO, cm ³ /menit				
	5	10	30	50	70
Waktu (menit)	62	30	11	6	4
Konsumsi CaO, cm ³	310	300	330	300	280
Volume filtrat, cm ³	1220	1200	1190	1185	1180
Kadar U filtrat, ppm	1356,935	1436,86	1422,715	1255,715	1380,145
Kadar Fe ³⁺ filtrat, ppm	25,125	22,575	12,83	6,40	13,21
Berat residu, gr	11,9015	12,4118	11,9118	11,8118	11,6118
Kadar U residu, ppm	1047,48	1047,48	1059,235	1134,32	1194,405
Kadar Fe ³⁺ residu, ppm	42,710	37,315	42,600	41,250	42,600
Volume pencuci, cm ³	500	310	255	325	320
Kadar U pencuci, ppm	219,7	349,7	401,58	356,42	490,405
Kadar Fe ³⁺ pencuci, ppm	4,62	6,84	10,99	6,4	2,90
% Pengendapan U	99,31	99,6	99,29	99,11	99,22

2. Percobaan pertama pengendapan Tk I secara kontinyu dengan umpan = 600 cm³/mnt; CaO 1,5% = 150 cm³/mnt; t = 30 mnt; U = 1240,49 ppm

Tabel 2. Hasil percobaan pertama pengendapan Tk I secara kontinyu.

Item	Contoh 1 jam ke 1	Contoh 2 jam ke 2	Contoh 3 jam ke 3	Contoh 4 jam ke 4	Contoh 5 jam ke 5
Volume contoh, cm ³	1000	1000	1000	1000	1000
Volume filtrat, cm ³	975	980	981	980	975
pH contoh	3,29	3,37	3,43	3,42	3,40
Kadar U, filtrat, ppm	965,095	986,490	939,370	1006,485	989,705
Kadar Fe ³⁺ , filtrat, ppm	156,5	130,925	142,990	164,435	160,815
% Pengendapan U	94,82	97,42	92,86	92,47	97,21

3. Percobaan kedua pengendapan TK I secara kontinyu dengan umpan= 290cm³/mnt; U=1444,75ppm; CaO 1,5%=85cm³/mnt; t = 60mnt.

Tabel 3. Hasil percobaan kedua pengendapan Tk I secara kontinyu

Item	Contoh 1 jam ke 1	Contoh 2 jam ke 2	Contoh 3 jam ke 3
Volume contoh, cm ³	250	250	250
Volume filtrat, cm ³	235	238	235
Kadar U, filtrat, ppm	1155,485	1162,595	1157,715
Kadar Fe ³⁺ , filtrat, ppm	25,15	26,995	31,18
Berat residu, g	0,9763	0,9390	0,9684
Kadar U residu, ppm	2863,53	3786,35	2304,25
Kadar Fe ³⁺ residu, ppm	40270	30820	30580
% Pengendapan U	99,33	99,75	99,84

4. Percobaan ketiga pengendapan TK I secara kontinyu dengan umpan= 290cm³/mnt; U=1444,75 ppm; CaO 1,5%= 85cm³/mnt; t= 60mnt

Tabel 4. Hasil percobaan ketiga pengendapan Tk I secara kontinyu

Item	Contoh 1 jam ke 1	Contoh 2 jam ke 2	Contoh 3 jam ke 3
Volume contoh, cm ³	500	500	500
Volume filtrat, cm ³	470	475	465
Kadar U, filtrat, ppm	1178,25	1171,67	1201,12
Kadar Fe ³⁺ , filtrat, ppm	28,875	27,975	27,34
Berat residu, g	2,2436	2,3060	2,225
Kadar U residu, ppm	4906,44	5525,72	4855,80
Kadar Fe ³⁺ residu, ppm	20200	20530	20250
% Pengendapan U	99,22	99,12	99,15

5. Percobaan keempat pengendapan secara kontinyu Tk II. Kelanjutan dari percobaan ke tiga dengan umpan = $375 \text{ cm}^3/\text{mnt}$; $\text{NH}_4\text{OH } 0,15\text{N} = 46 \text{ cm}^3/\text{mnt}$; $t = 60 \text{ mnt}$

Tabel 5. Hasil percobaan keempat pengendapan Tk II secara kontinyu.

Item	Contoh 1 jam ke 1	Contoh 2 jam ke 2
Volume contoh, cm^3	500	500
Volume filtrat, cm^3	480	480
Kadar U, filtrat, ppm	5,79	8,82
Berat yellow cake, g	0,7217	0,7674
Kadar yellow cake, %	69,06	68,95
% Pengendapan U	99,93	99,89

6. Percobaan kelima pengendapan TK I secara kontinyu dengan umpan = $290 \text{ cm}^3/\text{mnt}$; $U = 1519,455 \text{ ppm}$; $\text{CaO } 1,5\% = 85 \text{ cm}^3/\text{mnt}$; $t = 60 \text{ mnt}$

Tabel 6. Hasil percobaan kelima pengendapan Tk I secara kontinyu.

Item	Contoh 1 jam ke 1	Contoh 2 jam ke 2	Contoh 3 jam ke 3	Contoh 4 jam ke 4	Contoh 5 jam ke 5
Volume contoh, cm^3	1000	1000	1000	1000	1000
Volume filtrat, cm^3	973,5	975	970	970	975
Kadar U filtrat, ppm	1186,035	1194,94	1200,395	1206,125	1200,68
Kadar Fe^{3+} , filtrat, ppm	21,285	33,595	31,74	30,51	35,43
Berat residu, gr	4,4289	4,5139	4,5371	4,5802	4,5327
Kadar U Residu, ppm	3571,885	2494,11	2527,45	1705,275	1694,105
Kadar Fe^{3+} Residu, ppm	13.250	11.750	10.900	11.200	10.400
% Pengendapan U	98,96	99,26	99,25	99,48	99,49

7. Percobaan keenam pengendapan TK I secara kontinyu memakai flokulan dengan floc N100 0,002 % = $10 \text{ cm}^3/\text{mnt}$; $t = 60 \text{ mnt}$

Tabel 7. Hasil percobaan ke enam pengendapan Tk I secara kontinyu dengan menggunakan flokulan super floc N 100.

Item	Contoh 1 jam ke 1	Contoh 2 jam ke 2	Contoh 3 jam ke 3	Contoh 4 jam ke 4	Contoh 5 jam ke 5
Volume contoh, cm^3	1000	1000	1000	1000	1000
Volume filtrat, cm^3	980	975	985	978	981
Kadar U filtrat, ppm	1153,22	1162,035	1146,44	1164,04	1151,26
Kadar Fe^{3+} , filtrat, ppm	ttd	ttd	ttd	ttd	ttd
% Pengendapan U	98,74	98,99	98,66	99,46	98,67

8. Percobaan ketujuh pengendapan secara kontinyu Tk II kelanjutan dari Percobaan ke enam dengan $\text{NH}_4\text{OH } 0,15\text{N} = 46 \text{ cm}^3/\text{mnt}$; $t = 60 \text{ mnt}$

Tabel 8. Hasil percobaan ketujuh pengendapan Tk II secara kontinyu.

Item	Contoh 1 jam ke 1	Contoh 2 jam ke 2
Volume contoh, cm^3	1000	1000
Volume filtrat, cm^3	985	980
Kadar U, filtrat, ppm	7,65	8,04
Berat yellow cake, gr	1,6156	1,6104
Kadar yellow cake, %	68,43	69,26
% Pengendapan U	99,26	99,23

9. Percobaan kedelapan pengendapan TK I secara kontinyu memakai flokulan dengan umpan = 290 cm³/mnt; floc 0,002% = 10 cm³/mnt; t = 60 mnt

Tabel 9. Hasil percobaan ke delapan Pengendapan Tk I secara kontinyu dengan menggunakan flokulan super floc N 100.

Item	Contoh 1 jam ke 1	Contoh 2 jam ke 2	Contoh 3 jam ke 3	Contoh 4 jam ke 4
Volume contoh, cm ³	1000	1000	1000	1000
Volume filtrat, cm ³	985	981	980	980
Kadar U filtrat, ppm	1218,865	1220,52	1223,85	1228,295
Kadar Fe ³⁺ , filtrat, ppm	ttd	ttd	ttd	ttd
% Pengendapan U	99,04	99,43	99,60	99,31

10. Percobaan ke sembilan Pengendapan secara kontinyu Tk II kelanjutan dari percobaan ke delapan dengan NH₄OH 0,15N = 46 cm³/mnt ; t = 60 mnt

Tabel 10. Hasil percobaan kesembilan Pengendapan Tk II secara kontinyu

Item	Contoh 1 jam ke 1	Contoh 2 jam ke 2	Contoh 3 jam ke 3	Contoh 4 jam ke 4
Volume contoh, cm ³	1000	1000	1000	1000
Volume filtrat, cm ³	980	990	985	986
Kadar U filtrat, ppm	10,83	10,37	9,045	10,05
Berat yellow Cake, gr	1,9863	2,0033	2,0237	1,9976
Kadar yellow cake %	68,49	68,64	69,49	69,01
% Pengendapan U	99,01	99,04	99,16	99,07

BAHASAN

Dari hasil perhitungan (tabel 1) secara empat diambil perbandingan umpan dan reagen antara 3 - 4 untuk ditetapkan pada pengendapan secara kontinyu, perbandingan tersebut sebagai berikut : Volume umpan = 1000 cm³; Volume CaO = 300 cm³; Volume filtrat = 1200 cm³; Waktu = 30 menit

Hasil penerapan secara *batch* ke kontinyu pada (tabel 2) diambil perbandingan umpan dan CaO = 4 : 1 dengan kondisi sebagai berikut; Kecepatan alir umpan = 600 cm³/mnt; Kecepatan alir CaO = 150 cm³/mnt; Waktu tinggal = 30 mnt; % Pengendapan U rata-rata = 94,95 %. Hasil yang didapat tidak dapat mencapai *recovery* U (efisiensi pengendapan) 99,3 % mungkin disebabkan waktu reaksinya belum sempurna. Dari hasil perhitungan percobaan kedua (tabel 3) didapatkan kondisi proses sebagai berikut; Kecepatan alir umpan = 290 cm³/menit; kecepatan alir CaO = 85 cm³/mnt; waktu tinggal = 60 mnt; efisiensi pengendapan U rata-rata = 99,81 %; warna endapan = coklat.

Dengan kondisi yang sama dari hasil perhitungan (tabel 3) didapat hasil seperti terlihat pada tabel 4 dengan : efisiensi pengendapan U rata-rata = 99,16 %; Warna endapan = coklat.

Kemudian dilanjutkan untuk pengendapan Tk II dengan kondisi dan hasil yang didapat (tabel 5) sebagai berikut : % *recovery* = 99,91 %; Kadar uranium dalam *yellow cake* = 69,005 %; Warna *yellow cake* = kuning; Kecepatan alir NH₄OH = 46 cm³/menit; Waktu tinggal = 60 menit. Dari percobaan yang dilakukan, diperoleh hasil yang cukup baik. Pada tabel 11 ditunjukkan pengambilan contoh serta hasil perhitungan percobaan dari tabel 3,4 dan 6 sebagai berikut :

Tampak bahwa pengendapan Tk I secara kontinyu stabil, hal ini terlihat dari berat residu yang tetap. Pada pengambilan contoh setiap 1 (satu) jam sekali dan jumlah contoh yang diambil berbeda. Dari hasil percobaan (tabel 7, 8, 9, 10) untuk pengendapan Tk I secara kontinyu dengan ditambah flokulan superfloc N100 konsentrasi 0,002 % dan kecepatan alir 10 cm³/menit terlihat bahwa kadar Fe³⁺ dalam filtrat tidak terdeteksi (ttd). (tabel 7 dan 9) sedangkan kalau tidak ditambahkan flokulan kadar Fe³⁺ dalam filtrat cukup tinggi (tabel 3,4 dan 6). Penambahan flokulan dapat mempercepat pengendapan juga mengurangi kadar Fe³⁺ dalam *yellow cake* dan *yellow cake* yang terbentuk pada proses ini dalam bentuk ADU (Ammonium Diuranat : (NH₄)₂U₂O₇)

Tabel 11. Pengambilan contoh 250 cm³, 500 cm³ dan 1000 cm³.

Item	Filtrat 1 jam ke 1	Filtrat 2 jam ke 2	Filtrat 3 jam ke 3
Jumlah contoh 250 cm ³	225	238	235
Berat residu , gr	0,9763	0,939	0,9084
% Pengendapan U (R)	99,85	99,75	99,84
Jumlah contoh 500 cm ³	470	475	465
Berat residu , gr	2,2436	2,306	2,225
% Pengendapan U (R)	99,22	99,12	99,15
Jumlah contoh 1000 cm ³	975	970	975
Berat residu , gr	4,5139	4,5371	4,5327
% Pengendapan U	99,26	99,25	99,49

SIMPULAN

1. Proses pengendapan uranium secara kontinyu dengan kapasitas 22,5 liter mempunyai ukuran alat sebagai berikut :

Tangki pengendap berpengaduk;
bentuk = silinder; bahan = *flexy glass*; tebal bahan = 5 mm; diameter = 30 cm; tinggi = 37,5 cm; tinggi of = 32,5 cm; bukaan = 2,5 cm; bentuk pengaduk = *plate blade* 4; *bufle* = 4 buah;

Tangki penganap;
bentuk = silinder dengan konis 30o di bawah; bahan = *flexy glass*; tebal bahan = 5 mm; diameter = 40 cm; tinggi silinder = 12,5 cm; tinggi konis = 10 cm; tinggi of = 17,5 cm; bukaan = 2,5 cm.

2. Proses pengendapan uranium secara kontinyu mempunyai kondisi sebagai berikut :

Pengendapan Tk I;
Reagen = Ca(OH)₂ 1,5 %; Perbandingan kecepatan alir = 3,5:1 Waktu tinggal = 60 menit; pH = 3,3 - 3,5.

Pengendapan Tk II;
Reagen = NH₄(OH) 0,15 N; Perbandingan kecepatan alir = 8:1;
Waktu tinggal = 60 menit; pH = 6,8 - 7,0;
Penambahan flokulan superfloc N100;
Konsentrasi flokulan = 0,002 % dan Konsumsi flokulan = 0,5 gr/ton

Hasil yang didapat;
Efisiensi pengendapan U rata-rata = > 99 %;
Kadar uranium dalam *yellow cake* = 70 %.

UCAPAN TERIMA KASIH.

Kami ucapkan banyak terima kasih kepada semua staf, teknisi dan administrasi Bidang Teknik Pengolahan Bahan Nuklir dengan selesainya makalah ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. Merrit, C.R., "The Extractive Metallurgy of Uranium" Colorado School of Mines Research Institute, (1971).
2. Lyaudet ,G., "Magnesium Uranate Precipitation" SEPA/LAB-GL/EG 92/338, September 2nd, (1992).
3. Waluyo, S., "Pengendapan Larutan Uranium", PATN, Pusat Pendidikan Dan Latihan, BATAN (1988).
4. Brownell, L.E ., Young, E.H., "Proses Equipment Design", Vessel Design Willey Eastern Limited, First US Edition, (1959).
5. Wasisto, D., "Pemilihan Sistem Agitator untuk suspensi padatan dalam cairan", PPBGN, Jakarta, Agustus (1991).
6. Lewis, E., Gates, Jerry, R., Morton and Philip L, Fondy, Chimineer, "Selecting Agitator Systems to Suspended Solids in Liquid", Chemical Engineering, May 24, (1976).
7. Perry, C., "Chemical Engineering Hand Book, 5th International Student Edition, Mc Graw Hill Kogakusha, Ltd, Tokyo (1973).

TANYA - JAWAB

1. Sumantri
 - Apakah penelitian Saudari sudah ditinjau dari segi ekonomis dan keselamatan ?

Hafni Lissa Nuri.

- Sudah, hanya saja perhitungan detailnya belum dimasukkan kedalam makalah. Proses kontinyu jelas lebih ekonomis dari proses *batch* karena produk yang dihasilkan dengan proses kontinyu

lebih besar dari proses *batch*. Dari segi keselamatan, karena kita bekerja pada tekanan atmosferik, suhu kamar maka peralatan diperlukan safety yang biasa. Dan juga kita bekerja dengan uranium alam dalam bentuk cair, maka pada waktu bekerja cukup memakai jas lab, sarung tangan dan *film badge*.

2. Dardjo

- Di lapangan biasanya antara T1-T2, T2-T3 dan sebagainya selalu diberi *floculant*, tetapi dalam perancangan ini hanya antara T1 dan T2 yang diberi *floculant*. Mengapa antara T2 - T3 tak ada *floculant*.
- Biasanya tangki dibuat dari stainless steel, tapi disini hanya dengan *plexi glass /teflon*. Sampai dimana kekuatannya ?.
- Derajat konis yang besar akan mempercepat penyumbatan, bagaimana dengan derajat konis 30°.

Hafni Lissa Nuri

- Antara T2-T3 atau pada tangki T3, pengendapan sudah sempurna dan sewaktu diuapkan pada T4 dengan waktu 60 menit semua endapan mengendap sempurna.
- Karena alat dibuat untuk skala lab dengan teflon cukup kuat dan tahan asam, kalau dibuat dengan Stainless Steel harganya mahal
- Derajat konis > 30°C tidak menghambat penyumbat, hanya akan menambah tinggi konis dan secara keseluruhan tinggi tangki pengenap bertambah besar.

3. Abdul Latif

- Bagaimana dengan sistem instrumentasi pada alat yang di rancang?.

Hafni Lissa Nuri

- Sistem instrumentasi seperti *flow rate* dan pH meter masih dilakukan secara konvensional dan periodik.