



REDUKSI VOLUME LIMBAH URANIUM CAIR FASE AIR MENGGUNAKAN ROTAVAPOR

Endro Kismolo, Isman MT., Nurimaniwathy
PPNY-BATAN, Jl. Babarsari, P.O. Box 1008, Yogyakarta 55010

ABSTRAK

REDUKSI VOLUME LIMBAH URANIUM CAIR FASE AIR MENGGUNAKAN ROTAVAPOR. Telah dilakukan penelitian untuk menentukan kondisi proses reduksi volume limbah uranium cair fase air menggunakan rotavapor. Penelitian dilakukan dengan cara memanaskan limbah uranium cair fase air yang mempunyai aktivitas awal ($A_0 = 1,9 \times 10^{-4}$ Ci/ml) pada kondisi pH 5,0; 5,5; 6,0 dan 7,0. Larutan dipanaskan pada temperatur bervariasi dengan pengaturan tekanan proses sebesar -300, -250, -200, -150 mBar dan kecepatan putaran labu evaporator sebesar 7, 14, 21 dan 35 rpm selama dua kali 60 menit. Destilat dan konsentrat yang diperoleh dianalisis pH, berat jenis dan aktivitasnya menggunakan Counter System Shlumberger. Dari data yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa umpan limbah pH 6, tekanan operasi -200 mBar dan kecepatan putaran labu pemanas 14 rpm adalah kondisi operasi terbaik untuk reduksi volume limbah uranium cair fase air karena menghasilkan reduksi volume terbesar yaitu 30,50 %.

ABSTRACT

VOLUME REDUCTION OF THE LIQUID URANIUM WASTES OF THE AQUEOUS PHASE USING ROTAVAPOR. The determination of process conditions of the volume reduction liquid uranium wastes of the aqueous phase using rotavapor has been done. The investigation was experimentally conducted by heating the liquid uranium wastes with the activity = $1,9 \times 10^{-4}$ Ci/ml at the pH conditions of 5.0; 5.5; 6.0 and 7.0. The liquids was heated at the variation temperatures with the regulated process were pressure -300; -250; -200; -150 mBar and at the rotation rate of evaporating flask were 7; 14; 21 and 35 rpm during two times 60 minutes. The pH and the density of concentrate and distilate products rotavapor was determined as well as their activity was analyzed by using the counter system of Schlumberger. From the experimental data can be concluded that the best result was obtained at the process condition where the pH of feed liquid uranium wastes = 6.0, the pressure operation = -200 mBar and the rotation of evaporating flask = 14 rpm. At this condition the volume reduction was obtained 30,50 %.

PENDAHULUAN

Proses evaporasi merupakan cara yang efektif untuk mendekontaminasi adanya radionuklida dalam limbah radioaktif cair. Ada dua macam tipe evaporator yang dapat digunakan dalam pengolahan limbah radioaktif cair, yaitu alat evaporasi suhu rendah dan *wiped film evaporator*. Alat evaporasi suhu rendah bekerja pada tekanan vakum, sehingga titik didih cairan yang dievaporasi menjadi rendah. Alat ini biasanya digunakan untuk mengolah limbah aktivitas rendah secara tidak kontinyu dan berkapasitas kecil, sehingga sangat bermanfaat bagi instalasi kecil. *Wiped film evaporator* sangat efektif untuk mengolah limbah radioaktif cair yang mempunyai kecenderungan membuih dan sebagai pemanasnya biasanya digunakan uap.⁽¹⁾

Beberapa keuntungan pengolahan limbah dengan proses evaporasi antara lain faktor dekontaminasi (FD) yang dihasilkan cukup tinggi, distilat yang dihasilkan umumnya sudah memenuhi persyaratan untuk dilepas ke lingkungan dan hampir setiap bentuk limbah cair, baik yang berbentuk ion ataupun yang tidak, dapat dikerjakan dengan proses evaporasi. Namun demikian ada beberapa kelemahan dalam proses evaporasi antara lain adanya radionuklida yang mempunyai sifat mudah menguap (seperti Ruthenium, Iodium), adanya unsur / senyawa yang mudah terdekomposisi karena pemanasan seperti Ammonium nitrat yang dapat menyebabkan terjadinya peledakan serta adanya senyawa yang bisa menimbulkan buih dan kerak. Faktor-faktor tersebut dapat mengganggu dalam proses evaporasi dan dapat menurunkan efisiensi proses evaporasi.^(1,2) Terbentuknya buih, endapan dan

kerak pada proses evaporasi yang beroperasi secara bath maupun kontinyu dapat dihindari dengan cara modifikasi model evaporator, penambahan pereaksi anti buih, pengontrolan pH larutan umpan dan pengaturan kondisi operasi proses evaporasi.⁽³⁾

Rotavapor adalah salah satu bentuk evaporator dimana labu pemanasnya dapat berputar bervariasi dan dapat dioperasikan pada tekanan di bawah tekanan atmosfer. Kondisi alat yang demikian memungkinkan dapat mengurangi kesempatan timbulnya kerak akibat pengerasan endapan karena pemanasan. Hal ini terjadi karena dengan berputarnya labu pemanas maka tidak akan terjadi isolasi panas akibat menempelnya endapan pada labu pemanas. Selain itu putaran labu yang cepat dapat berfungsi sebagai pengaduk karena saat labu pemanas berputar cepat dapat membawa serta cairan dalam labu dan membentuk lapisan film sekeliling labu pemanas sehingga bidang pemanasan dapat bertambah dan kecepatan penguapan dapat bertambah pula.^(3,4)

Rotavapor dapat dioperasikan pada tekanan di bawah tekanan atmosfer (vakum), sehingga temperatur pendidihan cairan yang dipanaskan dapat dicapai di bawah 100°C. Dengan pengaturan tekanan dalam labu pemanas, pH larutan umpan limbah maka dapat dilakukan proses penguapan secara bervariasi dan diharapkan proses ini dapat menghasilkan faktor dekontaminasi dan reduksi volume yang besar.^(4,5) Pada penelitian ini dilakukan proses pengolahan limbah uranium cair fase air dengan aktivitas awal $1,9 \times 10^{-4}$ Ci/ml beningan hasil pengolahan kimia limbah uranium nitrat yang berasal dari Instalasi Proses Pemurnian Uranium di PPNY-BATAN menggunakan Rotavapor tipe R.151. Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk memperoleh kondisi proses penguapan menggunakan rotavapor yang optimum untuk reduksi volume limbah uranium cair fase air sehingga dihasilkan distilat dan konsentrat yang memenuhi syarat untuk dilakukan pengelolaan selanjutnya.

TATA KERJA

Bahan yang digunakan.

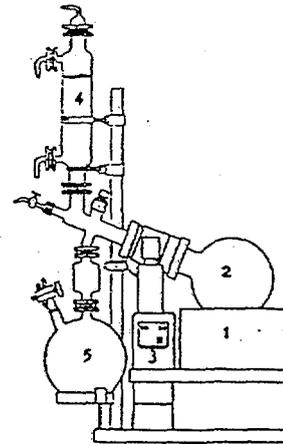
1. Limbah radioaktif cair uranil nitrat dari "Over-flow" unit flokulasi dan koagulasi
2. Asam nitrat
3. Natrium Hidroksida

Alat yang digunakan

1. Rotavapor type R.151
2. pH meter
3. Timbangan Sartorius
4. α Counter System

3. Piranti gelas

Gambar Alat rotavapor Tipe R.151



Keterangan gambar ::

1. Pemanas air "Water Bath"
2. Labu Pemanas
3. Pengatur suhu dan kecepatan putaran labu pemanas
4. Pendingin
5. Penampung distilat

Cara Kerja

A. Preparasi larutan umpan

Limbah radioaktif cair uranil nitrat sebanyak 20 liter yang berasal dari *over-flow* unit pengendapan kimia ditampung dalam ember plastik, diatur pH-nya menjadi pH : 5,5 menggunakan asam nitrat, disaring. Filtrat yang diperoleh dipompa masuk ke dalam labu rotavapor. Dilakukan dengan cara yang sama untuk limbah radioaktif cair pH 6,0; 6,5; dan 7,0.

B. Penentuan kondisi operasi evaporasi

1. Dilakukan evaporasi terhadap limbah radioaktif cair uranil nitrat fase air pH : 5,5 sebanyak 4,0 liter dalam labu rotavapor pada kondisi tekanan vakum -250 mBar dan putaran labu 14 rpm selama 60 menit. Pemanasan dilakukan menggunakan pemanas air. Distilat dan konsentrat yang diperoleh ditampung dalam jirigen teflon 20 liter, dicatat perolehannya setiap kurun waktu operasi, dianalisis berat jenisnya menggunakan piknometer, dianalisis aktivitasnya menggunakan alat α/β latar rendah buatan Canberra. Dilakukan dengan cara yang sama untuk umpan limbah radioaktif cair uranil nitrat pH 5,5; 6,0 dan 7,0.

- Dilakukan dengan cara yang sama dengan no.1, untuk kondisi pH larutan umpan yang optimum dengan putaran labu rotavapor bervariasi dari 7 rpm, 14 rpm, 21 rpm dan 35 rpm pada tekanan operasi sebesar -250 mBar. Dilakukan analisis terhadap distilat dan konsentrat yang diperoleh untuk operasi selama 60 menit.
- Dilakukan dengan cara yang sama dengan no.1, untuk kondisi larutan umpan dan putaran labu yang optimum pada tekanan operasi bervariasi dari -300 mBar, -250 mBar, -200 mBar dan -150 mBar. Dilakukan analisis terhadap distilat dan konsentrat yang diperoleh untuk operasi selama 60 menit.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh pH terhadap karakteristik hasil proses penguapan.

Hasil percobaan pengaruh pH terhadap hasil proses penguapan limbah uranium cair fase air dapat dilihat pada tabel 1. Uji regresi linier untuk mengetahui pengaruh pH terhadap proses evaporasi dari data yang diperoleh menghasilkan harga $r = 0,980472$ (r tabel = $0,95000$), sehingga dapat disimpulkan bahwa pH berpengaruh pada proses penguapan. Pada proses yang sama semakin tinggi pH larutan limbah yang diumpungkan ke dalam labu pemanas maka distilat yang diperoleh semakin banyak sehingga diperoleh faktor reduksi volume yang diperoleh juga semakin besar.

Tabel 1. Pengaruh pH umpan terhadap karakteristik hasil proses penguapan pada (kecepatan putaran labu pemanas : 14 rpm, tekanan : -250 mBar) dengan $A_0 : 3,602 \cdot 10^{-4}$ $\mu\text{Ci/ml}$ dan aktivitas latar : $3,009 \cdot 10^{-5}$

No.	pH umpan	Destilat		Konsentrat		FRv, %
		Volume, ml	Ad, $\mu\text{Ci/ml}$	Volume, ml	Bj, g/ml	
60 MENIT PERTAMA						
1	5,0	400	$3,109 \cdot 10^{-5}$	3600	1,24255	10,00
2	5,5	480	$3,096 \cdot 10^{-5}$	3520	1,20775	12,00
3	6,0	650	$3,066 \cdot 10^{-5}$	3350	1,16996	16,25
4	7,0	300	$3,103 \cdot 10^{-5}$	3700	1,13579	17,50
60 MENIT KEDUA						
1	5,0	900	$3,129 \cdot 10^{-5}$	3100	1,31800	22,50
2	5,5	980	$3,153 \cdot 10^{-5}$	3020	1,31075	24,50
3	6,0	1180	$3,096 \cdot 10^{-5}$	2820	1,28210	29,50
4	7,0	1150	$3,143 \cdot 10^{-5}$	2850	1,27240	28,75

Hal ini terjadi karena pada pH larutan yang rendah konsentrasi air semakin rendah dan sebaliknya semakin tinggi pH larutan maka konsentrasi air (H_2O) yang diuapkan semakin tinggi sehingga pada kondisi proses yang sama semakin tinggi pH larutan umpan yang diuapkan akan menghasilkan reduksi volume yang semakin tinggi karena jumlah air yang teruapkan semakin banyak. Pada percobaan ini diteliti pH larutan umpan terendah adalah 5,0 dan tertinggi pH : 7,0. Dari data menunjukkan bahwa pH larutan umpan yang mendekati netral yaitu pH sebesar 6,0 memberikan faktor reduksi volume (FRv) tertinggi yaitu 29,50 %.

Pengaruh putaran labu pemanas terhadap karakteristik hasil proses penguapan.

Hasil percobaan untuk mengetahui pengaruh kecepatan putaran labu evaporator terhadap proses penguapan dapat dilihat pada tabel 2. Uji regresi linear dari data yang diperoleh menghasilkan harga $r = 0,685756$ (r tabel = $0,950000$), sehingga dapat dikatakan bahwa kecepatan putaran labu evaporator tidak berpengaruh pada proses penguapan.

Tabel 2. Pengaruh kecepatan putaran labu pemanas terhadap karakteristik hasil proses penguapan pada (tekanan : -250 mBar dan pH umpan : 6,0).

No.	Kec. Putar Labu Evaporator, rpm	Destilat		Konsentrat		FRv, %
		Volume, ml	Ad, $\mu\text{Ci/ml}$	Volume, ml	Bj, g/ml	
60 MENIT PERTAMA						
1	7	600	$3,129 \cdot 10^{-5}$	3400	1,18691	15,00
2	14	700	$3,103 \cdot 10^{-5}$	3300	1,16996	17,50
3	21	550	$3,096 \cdot 10^{-5}$	3450	1,18834	13,75
4	35	600	$3,126 \cdot 10^{-5}$	3400	1,16994	15,00
60 MENIT KEDUA						
1	7	1100	$3,116 \cdot 10^{-5}$	2900	1,25450	27,50
2	14	1200	$3,096 \cdot 10^{-5}$	2800	1,28210	30,00
3	21	1050	$3,149 \cdot 10^{-5}$	2950	1,24880	26,25
4	35	1100	$3,123 \cdot 10^{-5}$	2900	1,23480	27,50

Hal ini terjadi karena labu pemanas yang bersinggungan langsung dengan larutan yang dipanaskan terbuat dari gelas yang sangat licin tanpa "baffle" sehingga pada berbagai kecepatan putaran labu evaporator pada saat proses penguapan relatif tidak terjadi pembentukan lapisan film pada

permukaan gelas dan tidak terjadi proses pengadukan yang dapat membantu mempercepat terjadinya proses penguapan. Dari percobaan menunjukkan bahwa kecepatan putaran labu evaporator sebesar 14 rpm memberikan faktor reduksi volume terbesar yaitu FRv : 30 %.

Pengaruh tekanan terhadap karakteristik hasil proses penguapan

Hasil percobaan pengaruh tekanan terhadap proses penguapan dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Pengaruh tekanan terhadap karakteristik hasil proses penguapan (pH umpan : 6,0; kecepatan putaran labu pemanas: 14 rpm).

No.	Tekanan Proses, Destilat		Konsentrat			FRv, %
	(-mBar)	Volume, ml	Ad, $\mu\text{Ci/ml}$	Volume, ml	Bj, g/ml	
60 MENIT PERTAMA						
1	300	450	$3,133.10^{-5}$	3550	1,15489	11,25
2	250	650	$3,096.10^{-5}$	3350	1,16936	16,25
3	200	700	$3,143.10^{-5}$	3300	1,18834	17,50
4	150	750	$3,136.10^{-5}$	3250	1,20775	18,75
60 MENIT KEDUA						
1	300	1100	$3,089.10^{-5}$	2900	1,20775	27,50
2	250	1200	$3,096.10^{-5}$	2800	1,28210	30,00
3	200	1220	$3,123.10^{-5}$	2780	1,34220	30,50
4	150	1400	$3,296.10^{-5}$	2600	1,37075	35,00

Uji linier dari data yang diperoleh menghasilkan $r = 0,997808$ (r tabel = 0,95000), sehingga dapat disimpulkan bahwa tekanan berpengaruh terhadap proses penguapan. Dari tabel 3 nampak bahwa semakin besar tingkat kevakuman dalam labu pemanas atau makin rendah tekanan dalam labu evaporator maka faktor reduksi volume yang diperoleh semakin besar sehingga konsentrat yang diperoleh mempunyai berat jenis yang semakin besar pula.

Hal ini terjadi karena proses pendidihan suatu larutan dipengaruhi oleh tekanan uap di atasnya sehingga apabila tekanan didalam labu pemanas diturunkan akan mengakibatkan turunnya tekanan uap larutan yang dipanaskan dan akan mengakibatkan proses penguapan lebih mudah dicapai. Pada penelitian ini dicoba menggunakan tekanan vakum tertinggi sebesar -150 mBar dan tekanan vakum terendah sebesar -300 mBar. Dari percobaan menunjukkan bahwa proses penguapan limbah uranium cair fase air pada tekanan vakum

-150 mBar memberikan hasil faktor reduksi volume yang terbesar yaitu sebesar 35,00 % dengan hasil konsentrat mempunyai berat jenis sebesar 1,37075 g/ml yang memenuhi syarat untuk dilakukan pemadatan menggunakan semen.

KESIMPULAN

Dari percobaan, analisis data dan pembahasan dapat diambil kesimpulan yaitu :

1. Proses penguapan limbah radioaktif uranium cair fase air dapat dilakukan menggunakan rotavapor dengan memperhatikan pH limbah umpan dan tekanan operasi.
2. Kondisi terbaik proses penguapan limbah radioaktif uranium cair fase air menggunakan rotavapor dicapai pada kondisi tekanan vakum -200 mBar, kecepatan putaran labu evaporator 14 rpm dan pH umpan 6,0 dengan menghasilkan faktor reduksi volume terbesar yaitu FRv : 30,50 % dan berat jenis konsentrat : 1,34220 g/ml.

DAFTAR PUSTAKA

1. IAEA, "Management of Low and Intermediate Level Radioactive Wastes", Proceedings of Symposium Stockholm, Vol. 2, 16-20 May 1988,
2. J.A. AYRES, "Decontamination Of Nuclear Reactors And Equipment ", Pacific Northwest Laboratory Battelle Memorial Institute, New York, 1982.
3. GARLEY MACAULY K.W, dkk, " Advanced Management Methodes for Medium Active Waste ", ISSN 0275-7273, 1981.
4. BLACKADDER DA, dkk, " A Hand Book Of Unit Operation ", Academic Press, London And New York, 1971.
5. ALFRED CHRUBASIK, dkk, " Volume Reduction On Organik Alpha Waste By Pyrohydrolysis ", Nuclear Technology, Nukem GmBh Germany, 1980.

TANYA JAWAB

Sutrisno

1. Berapakah volume awal limbah U Fase Air yang diolah hingga dapat diperoleh reduksi volume 30% ?
2. Berapakah lama operasi alat itu ?
3. Apakah setiap operasi alat itu konsentrasi limbahnya sama atau tidak? pada 60 menit pertama dan pada 60 menit kedua.

Endro Kismolo

1. Volume awal umpan proses : 4,0 liter.
2. Lama proses penguapan (2 x 60) menit dibagi atas 2 tahap.
3. Tahap kedua adalah lanjutan tahap kedua.

Tri Suyatno :

Apakah kecepatan aliran pendingin berpengaruh terhadap hasil? Jelaskan !

Endro Kismolo :

Ya, karena proses penguapan yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan sistem vakum. Jadi aliran pendingin sangat berpengaruh pada pendinginan uap (condensor).

Herlan Martono:

1. Kesimpulan yang disajikan tekanan operasi -250 mBar, ini berbeda dengan yang ditulis dalam abstrak.
2. Prinsip penguapan berdasarkan tekanan ini, makin vakum maka cairan lebih mudah

menguap. Mengapa hasil terbaik tidak pada tekanan vakum -300 mBar.

Endro Kismolo :

1. Ada salah cetak.
2. Pada manometer yang ada pada pompa vakum memang tertera demikian. (dari besar ke kecil).

Ir. Bambang G.

1. Menurut Hukum Charles, suhu/temperatur adalah merupakan fungsi tekanan. Bagaimana hubungan antara temperatur yang bervariasi tersebut dengan tekanan proses -300, -250 s/d -150 mBar ?
2. Hasil percobaan memperoleh reduksi volume sebesar : 30%. Apakah hasil tersebut sudah dianggap efisien jika digunakan untuk proses rutin ?
3. Usaha apa yang akan dilakukan untuk meningkatkan angka reduksi volume tersebut ?

Endro Kismolo :

1. Tekanan memang merupakan fungsi suhu pada proses penguapan, apabila tekanan berubah, maka suhu penguapan juga berubah.
2. FRv sebesar 30% sudah dapat untuk operasi rutin mengingat aktivitas limbah yang diolah adalah aktivitas rendah dan destilat yang diperoleh sudah dapat sebagai umpan pertukaran ion.
3. Untuk meningkatkan FRv dapat dilakukan modifikasi perangkat misalnya sistem vakumnya.