

## EKSTRAKSI DAN STRIPPING URANIUM HASIL PELARUTAN TOTAL MONASIT BANGKA

Noor Anis Kundari <sup>1</sup>, Riesna Prassanti <sup>2</sup>, Giezzella <sup>3</sup>

1) STTN-BATAN, Yogyakarta, Indonesia, nooranis@batan.go.id

2) PTBGN-BATAN, Jakarta Selatan, Indonesia, riesna@batan.go.id

3) STTN-BATAN, Yogyakarta, Indonesia, 011100287giezzella@gmail.com

### ABSTRAK

EKSTRAKSI DAN STRIPPING URANIUM HASIL PELARUTAN TOTAL MONASIT BANGKA. Penelitian pengolahan monasit di PTBGN-BATAN telah berhasil memisahkan logam tanah jarang dari unsur radioaktif dengan kemurnian yang tinggi, namun menghasilkan limbah berupa campuran logam tanah jarang, uranium, torium, dan unsur lain yang tidak terambil. Proses pengolahan limbah dapat dilakukan dengan memisahkan uranium terlebih dulu dengan metode ekstraksi menggunakan trioktil amin. Dalam penelitian ini dilakukan ekstraksi uranium dengan trioktil amina dan stripping uranium dengan  $H_2SO_4$  untuk menentukan nilai koefisien distribusi (Kd) U, Th,  $LTJ_2O_3$ , dan  $PO_4$ . Nilai Kd yang diperoleh digunakan untuk menentukan jumlah tingkat ekstraksi-stripping yang dibutuhkan untuk mengambil 95% uranium dari limbah umpan, dengan ekstraksi dan stripping dari kondisi yang telah diperoleh. Nilai Kd dihitung berdasarkan persamaan Nernst, sedangkan jumlah stage ekstraksi-stripping dihitung berdasarkan nilai Kd uranium dengan metode McCabe Thiele. Penelitian ini menghasilkan nilai Kd pada ekstraksi dengan komposisi ekstrakтан TOA:Kerosen:isodekanol = 5:92:3 adalah U = 3,42; Th = 0,02;  $LTJ_2O_3$  = 0,07; dan  $PO_4$  = 0,10. Kd pada stripping uranium menggunakan  $H_2SO_4$  3 M adalah U = 0,13 dan Th = 2,21. Berdasarkan nilai Kd ini, jumlah tingkat teoretis ekstraksi dan stripping untuk memperoleh uranium sebanyak 95% adalah 7 tingkat ekstraksi pada A/O = 2 dan 6 tingkat stripping pada A/O = 1/5.

Kata kunci: ekstraksi-stripping, uranium, penentuan jumlah stage, pelarutan total monasit Bangka

### ABSTRACT

URANIUM EXTRACTION AND STRIPPING FROM TOTAL DISSOLUTION OF BANGKA MONAZITE. Monazite processing research in PTBGN-BATAN has succeeded in separating the rare earth metals of radioactive elements with high purity, but produced waste in the form of a mixture of rare earth metals, uranium, thorium, and other elements that were not recovered. Waste treatment process has been carried out by first separating uranium from others by using extraction method with trioctyl amine. In this research, the extraction of uranium with trioctyl amines and stripping uranium with  $H_2SO_4$  was done to determine the value of the distribution coefficient (Kd) of U, Th,  $LTJ_2O_3$ , and  $PO_4$ , and to determine the number of extraction-stripping stages required to take 95% of uranium from the waste feed, to the extraction and stripping of the conditions that had been obtained. Kd was calculated based on the Nernst equation, then the number of theoretical stage of extraction stripping was calculated based on the value of Kd U with McCabe Thiele method. This research resulted in Kd values on extraction with extractant ratio TOA:kerosene:isodekanol = 5:92:3 is U = 3.42; Th = 0.02;  $LTJ_2O_3$  = 0.07; and  $PO_4$  = 0.10. Kd on uranium stripping using  $H_2SO_4$  3 M is U = 0.013 and Th = 2.21. Based on this Kd value specified number of theoretical stages of extraction and stripping to obtain uranium as much as 95%, based on calculation, the number of stages of extraction is 7 stage for comparison A/O = 2 and 6 stage stripping at A/O = 1/5.

Keywords: extraction-stripping, uranium, number of stages calculation, total dissolution of Bangka monazite

## PENDAHULUAN

Penelitian pengolahan monasit di PTBGN-BATAN telah berhasil memisahkan logam tanah jarang dari unsur radioaktif dengan kemurnian tinggi, namun menghasilkan limbah berupa campuran logam tanah jarang (LTJ), uranium (U), torium (Th), dan unsur lain yang tidak terambil. Proses pengolahan limbah dapat dilakukan dengan memisahkan uranium terlebih dulu dengan metode ekstraksi menggunakan trioktil amin.

Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa kondisi optimum ekstraksi, yaitu pada pH umpan 1,5, dengan perbandingan O/A = 5 dan waktu ekstraksi 5 menit, 100% U dapat terekstrak, tetapi Th juga ikut terekstrak sebesar 32,44%. [1]

Untuk keperluan perancangan unit ekstraksi diperlukan nilai koefisien distribusi (Kd). Nilai ini dipengaruhi oleh jenis ekstraktan, komposisi, dan suhu. Dalam penelitian ini dilakukan variasi konsentrasi ekstraktan dan konsentrasi *stripper* dalam proses ekstraksi-*stripping* untuk menentukan koefisien distribusi pada setiap variasi komposisi ekstraktan dan koefisien distribusi *stripping* pada setiap variasi konsentrasi *stripper*. Berdasarkan nilai koefisien distribusi dapat ditentukan jumlah *stage* yang dibutuhkan untuk memperoleh uranium dengan *recovery* 95%. Penelitian ini perlu dilakukan karena minimnya data koefisien distribusi untuk ekstraksi uranium, dan beberapa data koefisien distribusi yang ditemui sulit untuk dijadikan data perancangan karena informasi yang ditampilkan kurang lengkap.

## TEORI

### Pengolahan Monasit Bangka

Pengolahan monasit di PTBGN-BATAN dimaksudkan untuk mendapatkan uranium. Proses ini terdiri atas beberapa tahapan, yaitu dekomposisi pasir monasit, pelarutan parsial, pengendapan U dan Th, pelarutan total, ekstraksi-*stripping*, dan pengendapan U. Dekomposisi pasir monasit dengan NaOH bertujuan untuk memecah struktur ikatan monasit dan memisahkan fosfat melalui proses pemisahan padat cair [2]. Pelarutan parsial dengan HCl pada pH 3,7 bertujuan untuk melarutkan logam tanah jarang sebanyak mungkin, namun U dan Th terlarut seminimal mungkin [3]. Pengendapan dengan NH<sub>4</sub>OH

pada pH 6,3 bertujuan untuk mengendapkan uranium dan torium sebanyak-banyaknya. Endapan dari proses pengendapan NH<sub>4</sub>OH dilarutkan dengan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat, kemudian digunakan sebagai umpan ekstraksi. Pelarutan menggunakan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ini merupakan pelarutan total yang berfungsi melarutkan semua endapan.

### Ekstraksi Stripping Uranium

Ekstraksi uranium adalah proses pemisahan uranium dari campuran larutan oleh suatu pelarut organik yang tidak saling melarutkan. Selama proses ekstraksi, uranium akan terdistribusi di antara dua pelarut (fase organik dan fase cair) sesuai hukum distribusi Nernst. [4]

Uranium dalam larutan dapat berbentuk senyawa kompleks netral, anion, maupun kation. Berdasarkan hal tersebut, pelarut organik dibagi menjadi 3 (tiga) kategori. Kategori pertama adalah eter, trialkil fosfat, dan trialkil fosfin oksida yang mengekstrak kompleks netral; kategori kedua adalah alkil amin yang mengekstrak kompleks anion, dan kategori ketiga adalah *alkyl orthophosphoric acid* dan *alkyl pyro-phosphoric acid* yang mengekstrak kation. [5]

Uranium maupun torium terlarut dalam asam sulfat membentuk kompleks anion, yaitu UO<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub><sup>4-</sup> atau UO<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub><sup>2-</sup>, dan Th(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub><sup>2-</sup>. Uranil sulfat terekstrak sangat baik dengan jenis amina, sedangkan torium sulfat tidak banyak terekstrak. Torium sulfat lebih baik diekstrak dengan jenis amina primer [6]. Koefisien distribusi (Kd) unsur dalam amina tersier adalah uranium 140, torium <0,03, dan cerium <0,01 [7]. Berdasarkan nilai Kd ini, diketahui bahwa nilai Kd U memiliki perbedaan cukup jauh daripada Kd Th dan Kd Ce sehingga amina tersier cukup selektif terhadap uranium.

Ekstraksi uranium juga dapat dilakukan menggunakan TBP dalam suasana asam nitrat. Pada 30% TBP dalam kerosen, nilai Kd U = 2,030 dan Kd Th = 4,936 [8]. Berdasarkan nilai tersebut, dapat diketahui bahwa Kd U dan Th memiliki nilai yang cukup dekat sehingga apabila dilakukan ekstraksi dengan TBP pada suasana asam nitrat maka U dan Th akan lebih sulit dipisahkan.

Proses ekstraksi selalu diikuti dengan *stripping*. *Stripping* bertujuan untuk mengambil kembali uranium dari fase organik ke fase air. Beberapa hal yang berpengaruh

dalam proses *stripping* adalah jenis *stripper*, konsentrasi *stripper*, suhu, perbandingan O/A, dan waktu *stripping*.

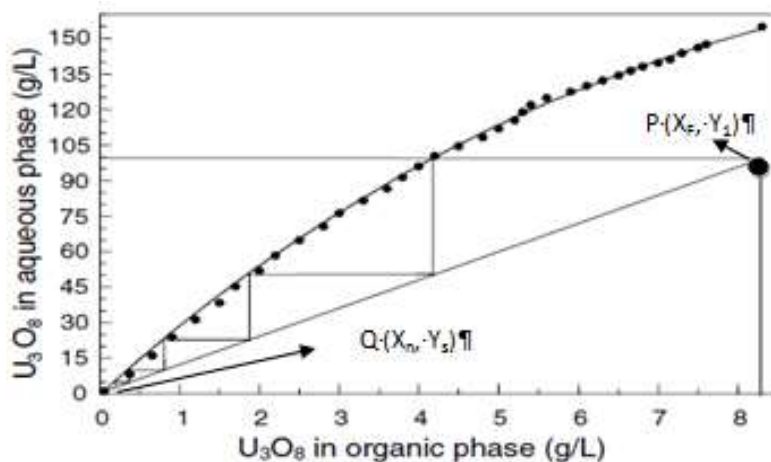
Morais, dkk. (2005) meneliti efek konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pada *stripping* uranium pada kisaran 2,0-5,0 mol/l. Dalam kisaran ini efisiensi *stripping* uranium meningkat dari 24% menjadi 75%, menunjukkan bahwa *stripping* uranium dari alamina 336 menggunakan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> harus dilakukan dalam konsentrasi asam yang tinggi. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa koefisien distribusi uranium berkurang secara signifikan ketika konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> lebih dari 3,5 mol/l. Penelitian ini menggunakan variasi waktu kontak antarfasa antara 3 dan 10 menit. Berdasarkan pengamatan, diketahui bahwa 5 menit sudah cukup untuk mencapai keseimbangan logam antara fase [9].

Koefisien distribusi pada proses ekstraksi dan *stripping* dapat ditentukan berdasarkan rumus berikut.

$$\text{Koefisien Distribusi} = \frac{\text{Kons. unsur dlm organik}}{\text{Kons. unsur dlm aqueous}} \quad (1)$$

### Penentuan Jumlah Stage

Penentuan jumlah *stage* dapat dilakukan dengan metode grafik McCabe Thiele. Penentuan dengan metode ini dapat dilakukan menggunakan grafik keseimbangan dan garis operasi yang diplotkan pada grafik konsentrasi *solute* dalam rafinat (X) dan konsentrasi *solute* dalam ekstrak (Y). Grafik keseimbangan dapat dibuat apabila memiliki nilai koefisien distribusi ataupun nilai koefisien partisi yang didapatkan dari percobaan, sedangkan garis operasi dapat dibuat dengan menghubungkan dua koordinat, yaitu titik P(X<sub>F</sub>, Y<sub>1</sub>) dan Q(X<sub>n</sub>, Y<sub>n+1</sub>(=Y<sub>s</sub>)). Contoh grafik kesetimbangan dan garis operasi dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kurva Kesetimbangan dan Garis Operasi

Jumlah *stage* ditentukan dengan menarik garis dari titik Q ke arah vertikal sampai bersinggungan dengan kurva kesetimbangan, kemudian ditarik secara horizontal sampai mengenai garis operasi. Begitu seterusnya sampai pada puncak titik P. Banyaknya siku yang menyinggung kurva kesetimbangan merupakan jumlah *stage* secara teoretis [10].

### BAHAN DAN ALAT

#### Bahan

1. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah umpan ekstraksi yang dibuat dari monasit Bangka, NaOH, HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, NH<sub>4</sub>OH, kertas saring, dan akuades.

Ekstraktan yang digunakan adalah trioktil amin, isodekanol, dan kerosen, dengan beberapa perbandingan.

2. Umpan ekstraksi dibuat dari monasit Bangka, NaOH, HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, NH<sub>4</sub>OH, kertas saring, dan akuades.
3. Trioktil amin, isodekanol, dan kerosen digunakan sebagai ekstraktan pada proses ekstraksi.
4. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> digunakan sebagai *stripper* pada proses *stripping*.

#### Alat

1. Alat yang digunakan pada saat proses adalah: gelas ukur, gelas beker, pengaduk magnetik, corong, corong pemisah, pipet

tetes, mikropipet, timbangan analitik, labu ukur, *bulb pipet*, *stopwatch*, *hot plate*, pH meter, termometer, buret, dan pompa vakum.

- Alat yang digunakan untuk analisis adalah: spektrofotometer UV-Vis, timbangan analitik, pH meter, dan *furnace*.

## LANGKAH KERJA

### Ekstraksi Uranium

*Menentukan waktu setimbang.* Larutan (U, Th, LTJ) sulfat dan ekstraktn dimasukkan ke dalam gelas beker dengan perbandingan O/A = 1, pH umpn 1,5, dan perbandingan ekstraktn TOA:Kerosen:isodekanol = 5:92:3. Larutan diekstraksi dengan variasi waktu 5, 10, 25, 45, dan 60 menit, kemudian dibiarkan terpisah selama 17 jam. Fase organik dan fase cair dipisahkan, kemudian fase cair dianalisis. Waktu setimbang digunakan sebagai waktu ekstraksi pada proses berikutnya.

*Menentukan Kd berdasarkan variasi perbandingan konsentrasi ekstraktn.* Larutan (U, Th, LTJ) sulfat dan ekstraktn dimasukkan ke dalam gelas beker dengan perbandingan O/A=1, pH umpn 1,5, dan variasi perbandingan ekstraktn TOA:kerosen:isodekanol = 3:94:3; 4:93:3; 5:92:3; 6:91:3; 7:90:3; 5:95:0; 5:93:2; 5:91:4; dan 5:90:5. Ekstraksi dilakukan sesuai dengan waktu setimbang, kemudian dilakukan pemisahan dengan corong pemisah. Fase organik dan fase cair yang telah dipisahkan kemudian dianalisis.

### Stripping Uranium

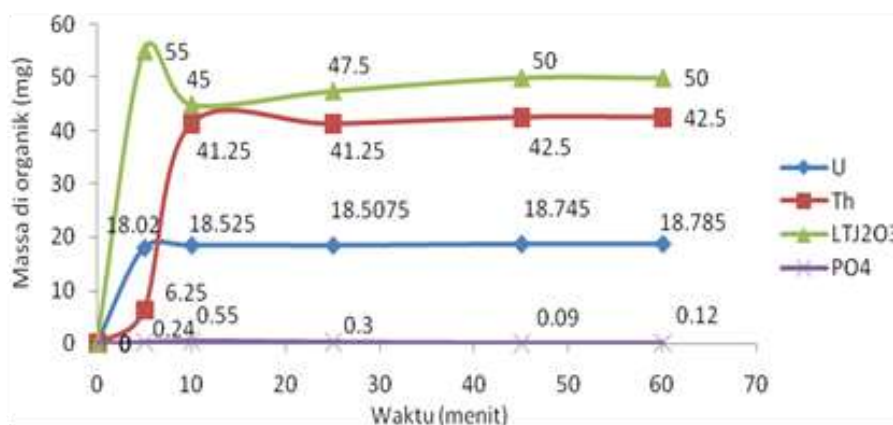
*Menentukan waktu setimbang.* Fase organik hasil ekstraksi pada pH 1,5 dan A/O = 1/5 dengan perbandingan TOA:kerosen:isodekanol = 5:92:3 di-*stripping* dengan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pada perbandingan A/O = 1 dan konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 2,5 M. *Stripping* dilakukan dengan variasi waktu 5, 10, 25, 45, dan 60 menit, kemudian dibiarkan selama 16 jam. Fase organik dan fase cair dipisahkan, kemudian fase cair dianalisis. Waktu setimbang digunakan sebagai waktu *stripping* pada proses berikutnya.

*Menentukan Kd berdasarkan variasi konsentrasi stripper.* Fase organik hasil ekstraksi di-*stripping* dengan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pada perbandingan A/O = 1 dan variasi konsentrasi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1,5 M, 2 M, 2,5 M, 3 M, dan 3,5 M. *Stripping* dilakukan sesuai dengan waktu setimbang yang telah ditentukan. Fase organik dan fase cair dipisahkan, kemudian fase cair dianalisis.

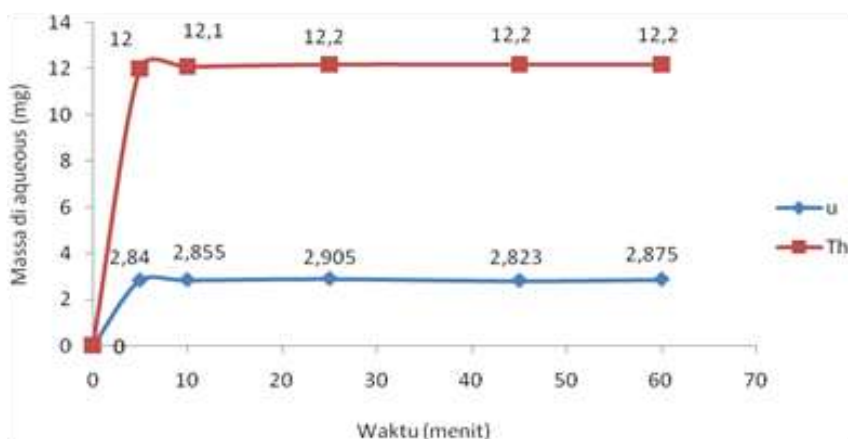
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Nilai Kd Ekstraksi dan Stripping

Kd unsur pada proses ekstraksi maupun *stripping* dapat dihitung apabila ekstraksi maupun *stripping* yang dilakukan telah mencapai kesetimbangan. Oleh karena itu, dilakukan penentuan waktu setimbang terlebih dulu dengan variasi waktu pengadukan, kemudian dibiarkan terpisah selama waktu tertentu. Waktu pemisahan untuk ekstraksi adalah selama 17 jam dan untuk *stripping* adalah 16 jam.



Gambar 2. Pengaruh Waktu Pengadukan Terhadap Massa Terekstrak pada Proses Ekstraksi



Gambar 3. Pengaruh Waktu Pengadukan Terhadap Massa Terekstrak pada Proses Stripping

Berdasarkan Gambar 2 dan Gambar 3, dapat ditentukan waktu setimbang untuk ekstraksi adalah pengadukan selama 10 menit kemudian dibiarkan terpisah selama 17 jam dan waktu setimbang stripping adalah pengadukan selama 5 menit dan dibiarkan terpisah selama 16 jam. Setiap variasi pada ekstraksi maupun stripping dilakukan pada waktu setimbang. Berdasarkan percobaan diperoleh nilai Kd pada ekstraksi dan stripping seperti ditampilkan pada Tabel 1, Tabel 2, dan Tabel 3.

Tabel 1 dan Tabel 2 digunakan sebagai data untuk mengetahui pengaruh komposisi ekstraktan terhadap Kd uranium. Adapun Tabel 3 digunakan sebagai data untuk mengetahui pengaruh konsentrasi stripper terhadap Kd uranium.

Tabel 1. Kd pada Ekstraksi Variasi TOA\*

Perbandingan ekstraktan (konsentrasi TOA)	Koefisien distribusi			
	U	Th	LTJ <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	PO <sub>4</sub>
3:94:3 (0,0687 M)	1,34	0,015	0,057	0,094
4:93:3 (0,0916 M)	2,52	0,025	0,063	0,095
5:92:3 (0,1145 M)	3,42	0,023	0,065	0,097
6:91:3 (0,1374 M)	6,41	0,031	0,040	0,096
7:90:3 (0,1603 M)	7,30	0,034	0,044	0,103

\*isodekanol = 3% volume dalam kerosen; A/O=1; pH umpan=1,5

Tabel 2. Kd pada Ekstraksi Variasi Isodekanol\*

Perbandingan ekstraktan (% volume isodekanol)	Koefisien distribusi			
	U	Th	LTJ <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	PO <sub>4</sub>
5:95:0 (0)	3,13	0,015	0,073	0,176
5:93:2 (2)	5,06	0,019	0,059	0,174
5:92:3 (3)	3,42	0,023	0,065	0,097
5:91:4 (4)	3,39	0,053	0,048	0,139
5:90:5 (5)	2,69	0,051	0,046	0,116

\*TOA = 5% volume (0,1145 M) dalam kerosen; A/O=1; pH umpan = 1,5

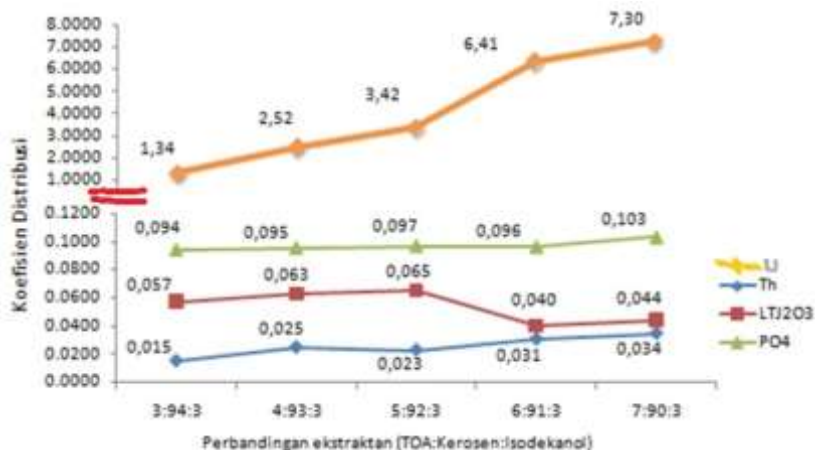
Tabel 3. Kd pada Stripping Variasi Konsentrasi Stripper

Konsentrasi H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (M)	Koefisien Distribusi	
	U	Th
0	79,45	4,87
0,5	33,48	2,16
1	7,15	1,93
1,5	3,27	1,61
2	1,07	1,83
2,5	0,46	2,05
3	0,13	2,21
3,5	0,18	3,05

\*organik TOA:Kerosen:Isodekanol = 5:92:3; A/O=1

### Pengaruh Perbandingan Konsentrasi Ekstraktan Terhadap Kd Uranium

Ekstraktan yang digunakan dalam proses ekstraksi adalah trioktil amin (TOA) dalam kerosen yang dimodifikasi dengan isodekanol. Pengaruh perbandingan antara TOA, kerosen, dan isodekanol dalam ekstraktan terhadap koefisien distribusi uranium diteliti dengan memvariasikan volume TOA dan volume isodekanol. Pada variasi volume TOA, isodekanol disamakan. Sementara pada variasi volume isodekanol, volume TOA disamakan. Volume kerosen mengikuti volume TOA dan isodekanol dengan jumlah perbandingan volume TOA:kerosen:isodekanol harus 100%. Data koefisien distribusi dibuat menjadi grafik yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Hubungan Perbandingan Ekstraktan (Variasi Konsentrasi TOA) dengan Kd U, Th, LTJ<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, dan PO<sub>4</sub> (A/O = 1, pH Umpan 1,5)

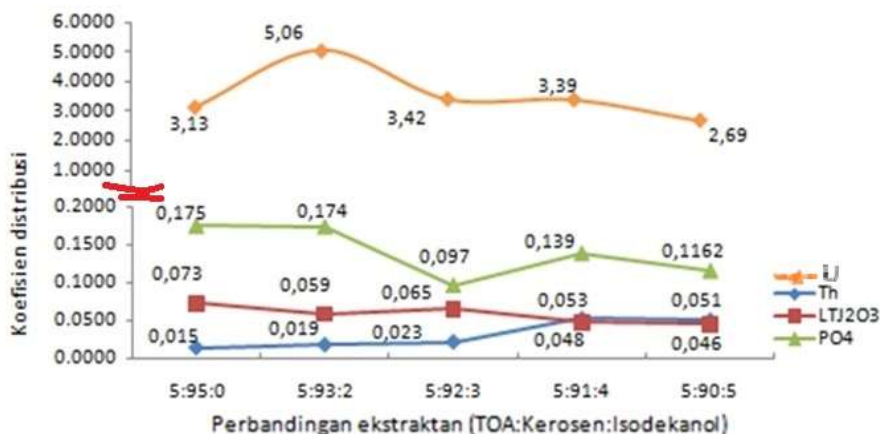
Berdasarkan Gambar 4 dapat diketahui bahwa Kd uranium semakin meningkat dengan bertambahnya konsentrasi TOA dalam campuran. Ini menunjukkan bahwa konsentrasi TOA dalam campuran ekstrak sangat berpengaruh terhadap kemampuan ekstrak untuk mengekstrak uranium. Ritcey (2006) menyebutkan bahwa TOA yang digunakan pada sebagian besar ekstraksi uranium adalah antara 3-5% volume atau sekitar 0,05 M sampai 0,1 M sudah cukup untuk mengekstrak uranium [11].

Gambar 4 juga memperlihatkan bahwa Kd Th dan PO<sub>4</sub> meningkat seiring dengan bertambahnya konsentrasi TOA. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan konsentrasi TOA pada ekstraksi dari larutan asam sulfat menggunakan TOA juga dapat meningkatkan jumlah Th dan PO<sub>4</sub> yang terekstrak di fase organik. Meskipun demikian, peningkatan nilai Kd keduanya cukup rendah. Peningkatan persentase volume TOA dari 3% menjadi 5%

volume menyebabkan nilai Kd LTJ<sub>2</sub>O<sub>3</sub> mengalami sedikit kenaikan, kemudian turun pada penambahan 6% volume TOA. Perubahan nilai Kd Th, LTJ<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, dan PO<sub>4</sub> cukup kecil sehingga penambahan persentase volume TOA tidak terlalu mempengaruhi nilai Kd ketiga unsur tersebut.

Berdasarkan Gambar 4 juga diketahui bahwa terdapat perbedaan yang jauh antara nilai Kd U dengan Th, LTJ<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, dan PO<sub>4</sub>. Hal ini menunjukkan bahwa TOA selektif terhadap uranium. Namun apabila konsentrasi Th, LTJ<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, dan PO<sub>4</sub> dalam umpan jauh lebih besar daripada konsentrasi U maka pemisahan cukup sulit dilakukan. Berdasarkan nilai Kd ketiga unsur tersebut dapat dihitung kandungan Th, LTJ<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, dan PO<sub>4</sub> (pengotor) yang keluar dari proses.

Pengaruh persentase volume isodekanol pada perbandingan ekstrak ditampilkan dalam Gambar 5.



Gambar 5. Hubungan Perbandingan Ekstraktan (Variasi % Volume Isodekanol) Terhadap Kd U, Th, LTJ<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, dan PO<sub>4</sub> (A/O = 1, pH Umpan 1,5)

Penambahan alkil alkohol cukup efektif untuk membantu mengurangi terbentuknya emulsi. Isodekanol dengan 2-5% volume biasa digunakan sebagai *modifier* untuk ekstraksi uranium dengan amin tersier. Berdasarkan Gambar 5 diketahui bahwa Kd uranium meningkat pada penambahan 2% volume isodekanol, yaitu dari 3,13 menjadi 5,06, namun mengalami penurunan pada penambahan 3%, 4%, dan 5% volume isodekanol, seperti yang telah dikatakan oleh Coleman, dkk. (1958) bahwa kehadiran isodekanol bisa meningkatkan uranium yang terekstrak sampai batas tertentu [12]. Hal ini disebutkan juga oleh Crouse & Brown (1959), yang mengatakan bahwa efisiensi ekstraksi akan berkurang apabila ke dalam ekstraktan ditambahkan sejumlah besar alkohol rantai panjang seperti isodekanol, namun penambahan 2-5% volume biasanya hanya menyebabkan penurunan yang kecil [9].

Gambar 5 menunjukkan bahwa nilai Kd  $\text{LTJ}_2\text{O}_3$  dan  $\text{PO}_4$  mengalami penurunan dengan bertambahnya persentase volume isodekanol dalam ekstraktan. Berbeda dengan Kd Th yang mengalami peningkatan dengan bertambahnya persentase volume isodekanol. Berdasarkan nilai Kd ketiga unsur tersebut, dapat dihitung kandungan Th,  $\text{LTJ}_2\text{O}_3$ , dan  $\text{PO}_4$  (pengotor) yang keluar dari proses.

Berdasarkan Gambar 4 dan Gambar 5, dapat diketahui bahwa pada 5% volume TOA, nilai Kd U dengan penambahan 2% volume isodekanol ( $K_d = 5,06$ ) lebih besar daripada nilai Kd U pada penambahan 3% volume isodekanol ( $K_d = 3,42$ ). Sementara nilai Kd U pada penambahan 6% volume TOA dengan 3% volume isodekanol ( $K_d = 6,41$ ) memiliki perbedaan yang cukup rendah dengan nilai Kd U pada 5% volume TOA dengan penambahan 2% volume isodekanol ( $K_d = 5,06$ ). Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa ekstraksi uranium dengan menggunakan ekstraktan TOA:kerosen:isodekanol baik digunakan pada penambahan 5% volume TOA dan 2% volume isodekanol atau pada perbandingan TOA:kerosen:isodekanol = 5:93:2. Meskipun demikian, penggunaan ekstraktan juga harus memperhatikan kekentalan TOA dalam ekstraktan. Apabila penambahan persentase isodekanol terlalu kecil maka kekentalan TOA dalam ekstraktan akan lebih besar dan dapat memperbesar kemungkinan terjadinya emulsi yang tidak diharapkan.

## Pengaruh Konsentrasi Stripper Terhadap Kd Uranium

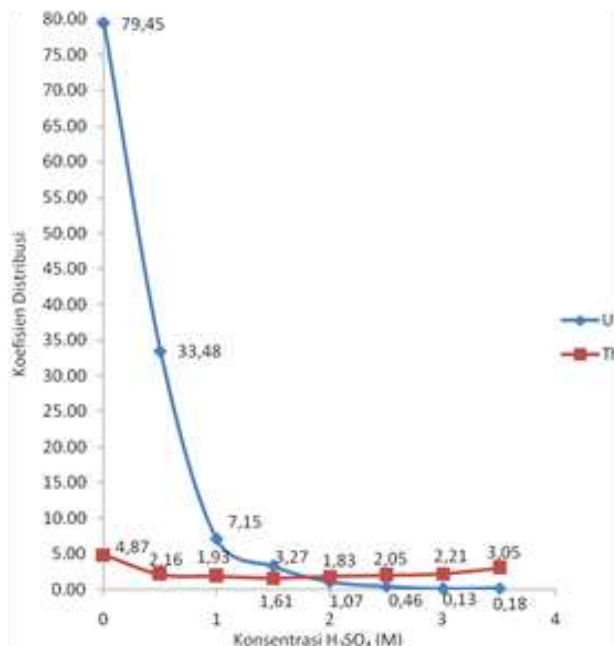
Pada penelitian ini, *stripping* dilakukan dari ekstraktan TOA:kerosen:isodekanol = 5:92:3 dengan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  sebagai *stripper*. Koefisien distribusi *stripping* yang sebelumnya telah ditampilkan pada Tabel 3 dibuat menjadi Grafik yang ditunjukkan pada Gambar 6.

Dari Gambar 6 dapat diketahui bahwa pada *stripping* uranium menggunakan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  nilai Kd U menurun dari konsentrasi 0 sampai dengan 3 M, kemudian mengalami peningkatan pada konsentrasi  $\text{H}_2\text{SO}_4$  3,5 M. Nilai Kd Th juga mengalami penurunan pada konsentrasi  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0 sampai dengan 1,5 M, kemudian mengalami peningkatan. Hal ini menunjukkan bahwa uranium akan lebih banyak terambil pada konsentrasi *stripper* yang tinggi (keasaman tinggi), namun ada batasan tingkat keasaman atau konsentrasi *stripper* yang baik dalam *stripping* uranium, dalam hal ini pada konsentrasi 3 M. Berdasarkan penjelasan Gambar 6, torium akan banyak terambil pada konsentrasi asam yang rendah. Pada konsentrasi *stripper* yang tinggi (keasaman tinggi) torium akan lebih stabil dalam fase organik sehingga kelarutannya dalam *stripper* cukup rendah. Hal ini dikarenakan ekstraksi torium baik dilakukan pada keasaman tinggi sehingga untuk mengembalikan torium ke fase cair harus pada konsentrasi asam rendah.

Nilai Kd Th pada konsentrasi  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0 sampai dengan 1,5 M lebih kecil daripada nilai Kd U, sedangkan pada konsentrasi  $\text{H}_2\text{SO}_4$  2 M sampai dengan 3 M diketahui bahwa nilai Kd U lebih kecil daripada nilai Kd Th. Hal ini menunjukkan, apabila konsentrasi U dan Th dalam umpan sama maka pada rentang konsentrasi  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0 sampai 1,5 M Th akan lebih banyak terambil daripada U, sedangkan pada konsentrasi  $\text{H}_2\text{SO}_4$  2 M sampai 3 M, uranium akan terambil lebih banyak. Perbedaan nilai Kd yang cukup signifikan antara Th dan U terdapat pada konsentrasi  $\text{H}_2\text{SO}_4$  3 M (nilai Kd U = 0,13 dan nilai Kd Th = 2,21). Pada konsentrasi ini, nilai Kd U lebih kecil daripada Kd Th sehingga jika kandungan U dan Th dalam umpan sama, uranium akan lebih banyak terambil. Perbedaan nilai yang sangat signifikan juga terdapat pada konsentrasi  $\text{H}_2\text{SO}_4$  nol (dalam hal ini *stripper* yang digunakan adalah *aquabidest*). Pada konsentrasi nol, nilai Kd Th = 4,87 dan U = 79,45. Pada keadaan ini, nilai Kd U jauh lebih

besar daripada nilai  $K_d$  Th sehingga Th yang terambil akan lebih banyak daripada U. Berdasarkan penjelasan di atas dapat diketahui bahwa *stripping* uranium dari ekstrakтан TOA:kerosen:isodekanol (5:92:3) baik dilakukan pada konsentrasi  $H_2SO_4$  3M, sedangkan *stripping* untuk mendapatkan torium baik dilakukan menggunakan

*aquabidest* (konsentrasi  $H_2SO_4$  nol). Pada proses ekstraksi dan *stripping*, dapat dipertimbangkan untuk melakukan penambahan tahap *scrubbing* menggunakan *aquabidest* terlebih dulu untuk mengurangi kandungan Th dalam fase organik, kemudian fase organik di-*stripping* menggunakan  $H_2SO_4$  3 M untuk mengambil uranium.



Gambar 6. Hubungan Konsentrasi *Stripper* dengan  $K_d$  U dan  $K_d$  Th

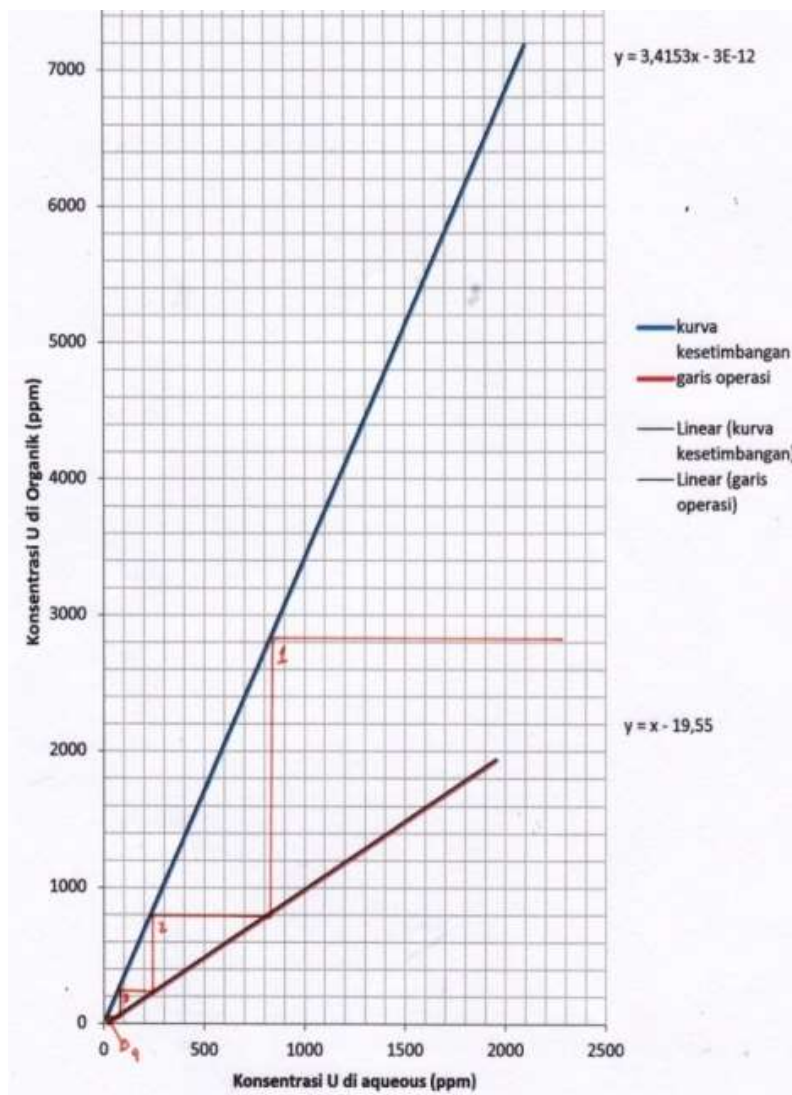
### Jumlah Stage Ekstraksi dan Stripping

Kandungan unsur yang masuk ke dalam ekstraksi adalah U = 1700 mg/l; Th = 46 g/l;  $LTJ_2O_3$  = 90,38 g/l;  $PO_4$  = 42,64 mg/l. Untuk mendapatkan *recovery* 95% uranium, dilakukan perhitungan *recovery* pada ekstraksi dan *stripping*. Berdasarkan perhitungan, *recovery* yang ingin dicapai pada ekstraksi adalah 99% dan pada *stripping* adalah 96% sehingga diperoleh *recovery* uranium 95%. Jumlah *stage* yang dibutuhkan untuk memperoleh *recovery* tersebut dihitung berdasarkan nilai  $K_d$  ekstraksi pada

perbandingan TOA:kerosen:isodekanol 5:92:3 ( $K_d$  U = 3,42) dan nilai  $K_d$  *stripping* pada konsentrasi  $H_2SO_4$  3 M ( $K_d$  U = 0,13) menggunakan metode McCabe Thiele berdasarkan konsentrasi.

Jumlah *stage* teoretis untuk proses ekstraksi dihitung untuk variasi perbandingan volume cairan umpan yang masuk dan volume ekstrakтан (A/O) = 1 dan 2. Jumlah *stage* untuk A/O = 1 ditunjukkan pada Gambar 7, sedangkan jumlah *stage* untuk A/O = 2 ditunjukkan pada Gambar 8.

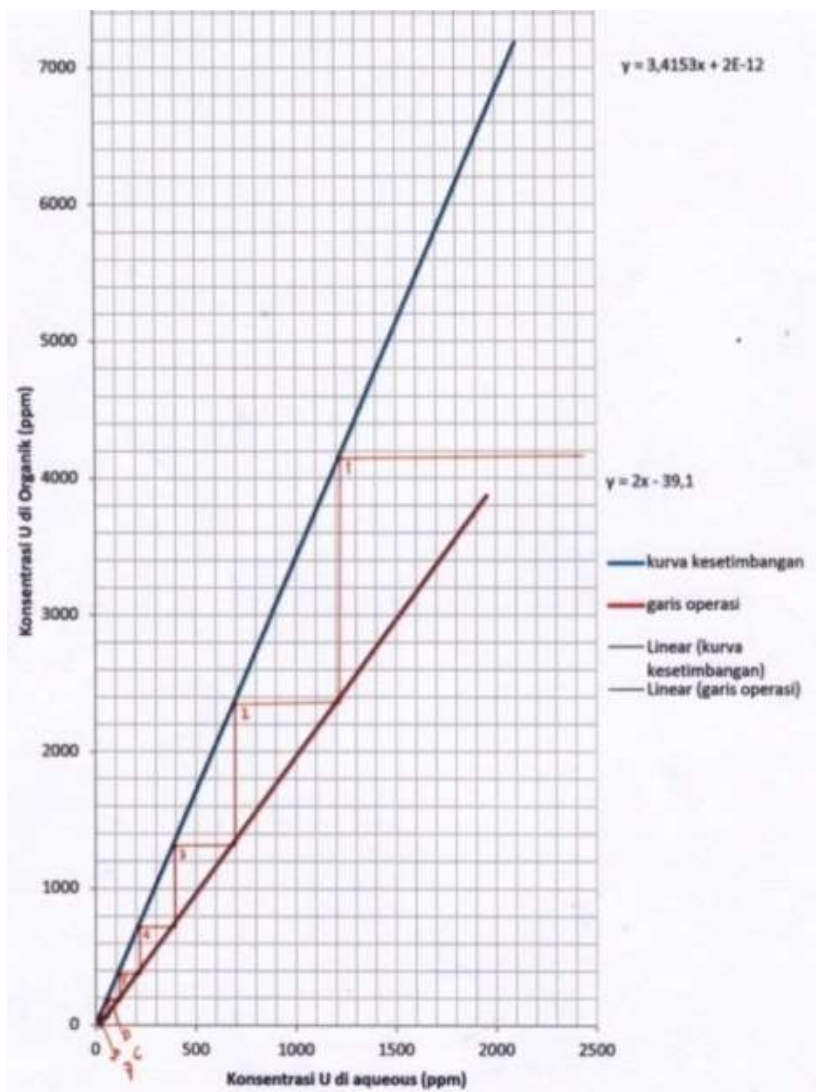




**Gambar 7.** Kurva Kesetimbangan dan Garis Operasi pada Ekstraksi dengan A/O = 1

Berdasarkan Gambar 7 dan Gambar 8 dapat diketahui bahwa *stage* yang dibutuhkan pada ekstraksi dengan perbandingan A/O = 1 adalah sebanyak 4 *stage*, sedangkan jumlah *stage* yang dibutuhkan pada perbandingan A/O = 2 adalah sebanyak 7 *stage*. Perbandingan A/O mempengaruhi konsentrasi yang keluar dari proses ekstraksi. Semakin tinggi perbandingan A/O pada saat ekstraksi maka konsentrasi uranium dalam fase organik

menjadi semakin tinggi. Konsentrasi fase organik yang terlalu tinggi dapat menyebabkan efisiensi proses *stripping* berkurang. Berdasarkan nilai  $K_d$  dan jumlah *stage* yang terdapat pada pembahasan sebelumnya, kandungan pengotor yang keluar dari proses ekstraksi dapat dihitung. Berdasarkan perhitungan diperoleh kandungan pengotor dalam ekstraktan yang keluar dari proses, seperti ditampilkan pada Tabel 4.



Gambar 8. Kurva Kesetimbangan dan Garis Operasi pada Ekstraksi Dengan A/O = 2

Tabel 4. Kandungan Uranium dan Pengotor pada Hasil Ekstraksi

A/O	Stage	Kandungan Unsur			
		U (mg/l)	Th (g/l)	LTJ <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (g/l)	PO <sub>4</sub> (mg/l)
umpan	-	1700	46	90,38	42,64
1	4	1683	1,06	5,85	4,139
2	7	3366	1,08	5,82	4,142

Berdasarkan Tabel 4 dapat diketahui bahwa konsentrasi pengotor yang ikut terekstrak berkurang dari konsentrasi awal di umpan ekstraksi. Hal ini menunjukkan bahwa ekstraksi cukup baik untuk mengurangi pengotor yang terekstrak. Meskipun begitu, konsentrasi Th dan LTJ<sub>2</sub>O<sub>3</sub> dalam fase terekstrak masih lebih tinggi daripada

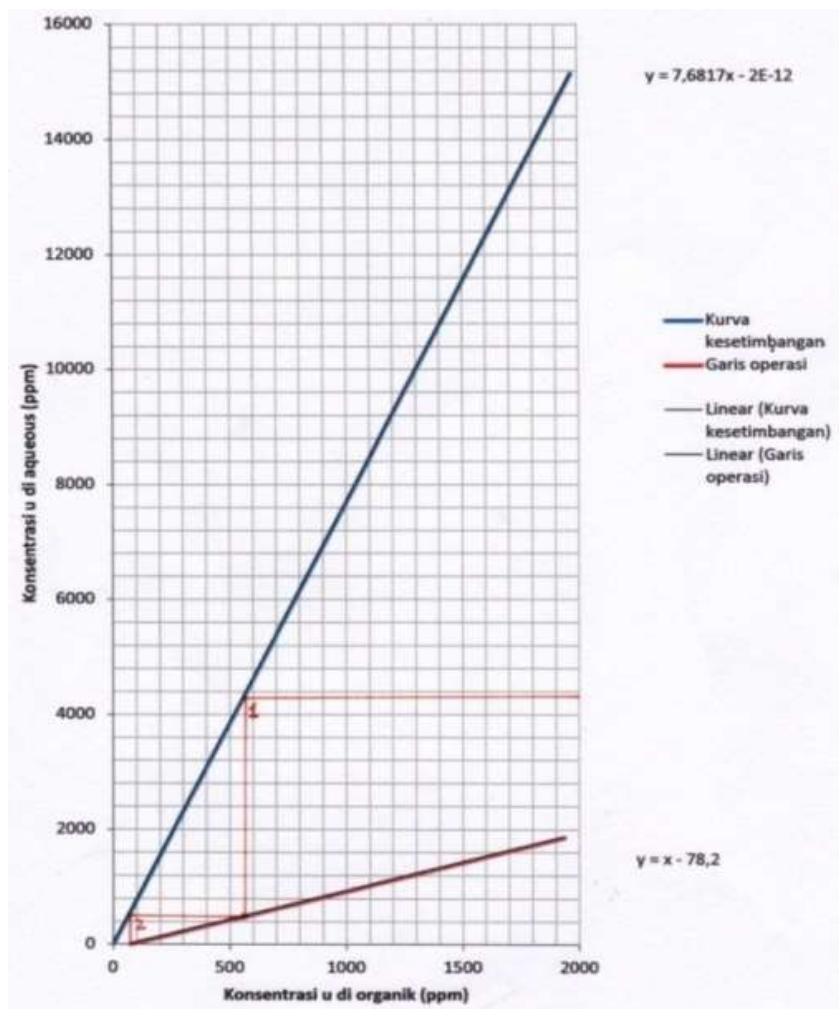
konsentrasi uranium. Hal ini disebabkan oleh konsentrasi Th dan LTJ<sub>2</sub>O<sub>3</sub> di umpan yang jauh lebih besar daripada konsentrasi uranium di umpan.

Berdasarkan Tabel 4 juga dapat diketahui bahwa konsentrasi uranium dalam organik pada perbandingan A/O = 2 adalah dua kali lipat konsentrasi uranium pada perbandingan A/O = 1, sedangkan pengotor yang terdapat dalam organik pada perbandingan A/O = 1 dan A/O = 2 hampir mendekati sama sehingga ekstraksi dengan A/O = 2 lebih menguntungkan. Selain itu, ekstraksi dengan perbandingan A/O = 2 dapat mengurangi pemakaian organik menjadi setengah dari pemakaian organik pada perbandingan A/O = 1.

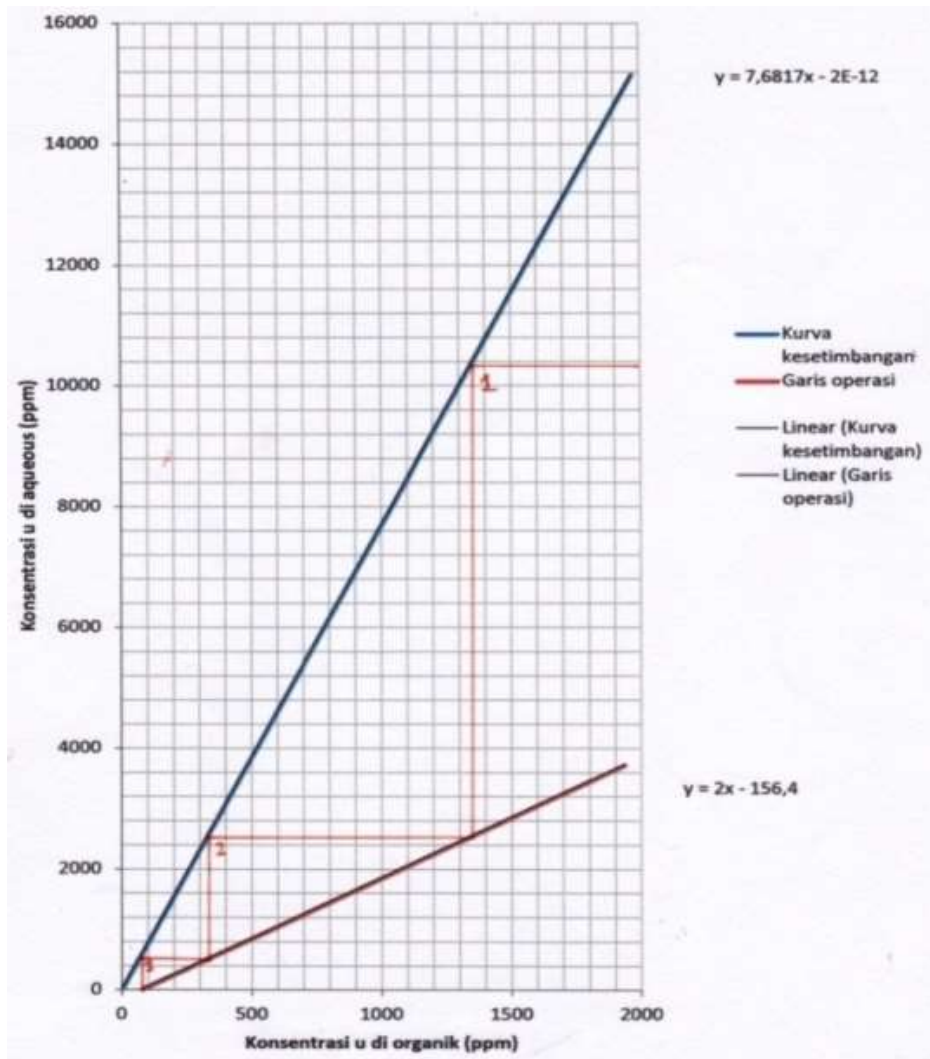
Setelah menghitung jumlah *stage* ekstraksi, dilakukan penentuan jumlah *stage stripping*. Umpan yang masuk ke proses *stripping* merupakan organik hasil ekstraksi dengan perbandingan A/O = 2. Konsentrasi U,

Th,  $\text{LTJ}_2\text{O}_3$ , dan  $\text{PO}_4$  yang masuk ke proses *stripping* telah ditampilkan dalam Tabel 4. Perhitungan jumlah *stage* teoretis pada proses *stripping* dilakukan untuk perbandingan A/O = 1, 1/2, dan 1/5. Grafik perhitungan jumlah

*stage stripping* pada masing-masing perbandingan A/O secara berurutan ditampilkan pada Gambar 9, Gambar 10, dan Gambar 11.



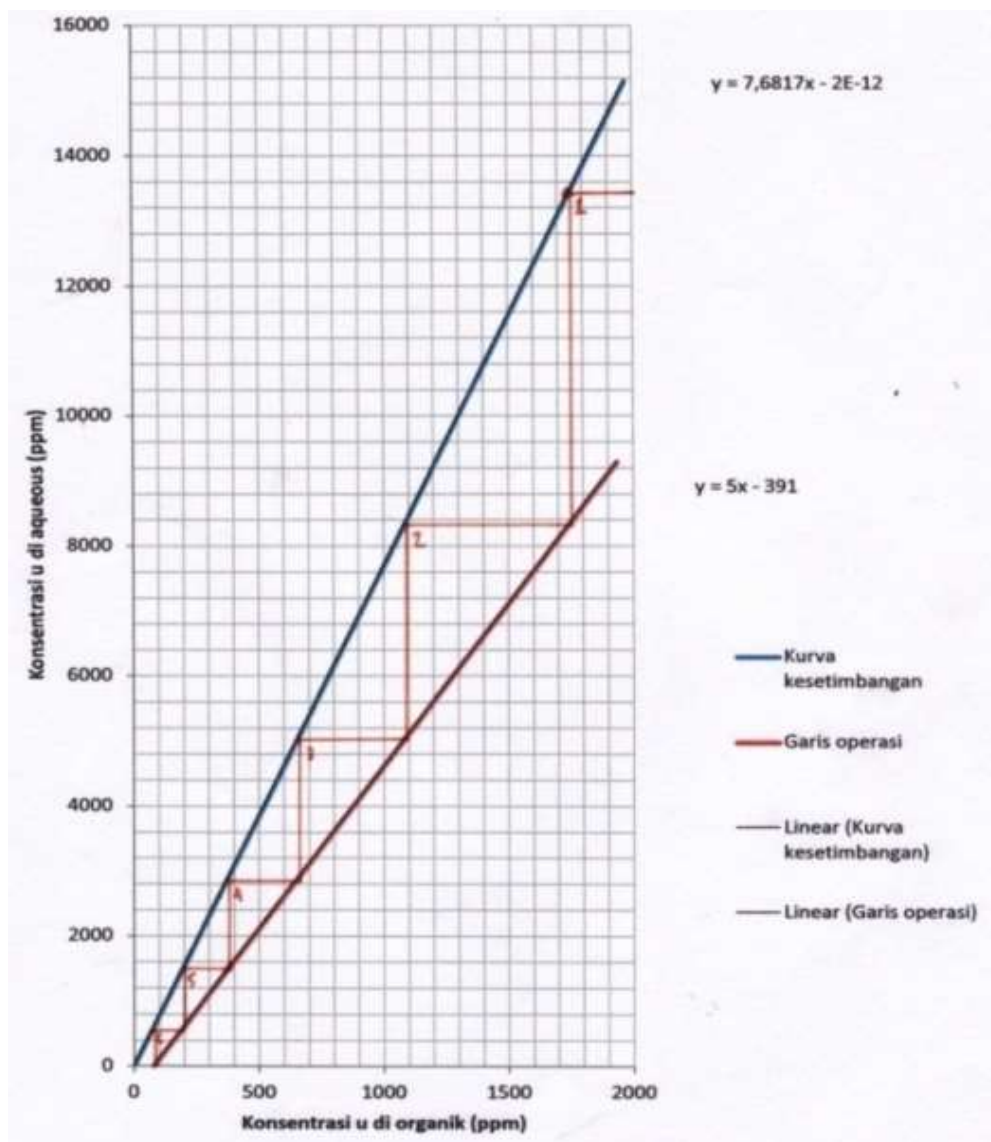
Gambar 9. Kurva Kesetimbangan dan Garis Operasi pada *Stripping* A/O = 1



**Gambar 10.** Kurva Kesetimbangan dan Garis Operasi pada *Stripping*  $A/O = 1/2$

Berdasarkan Gambar 9, Gambar 10, dan Gambar 11 dapat diketahui bahwa jumlah *stage* teoretis yang dibutuhkan pada *stripping* dengan perbandingan  $A/O = 1$  adalah 2 *stage*, perbandingan  $A/O = 1/2$  adalah 3 *stage*, dan perbandingan  $A/O = 1/5$  adalah 6 *stage*. Pada proses *stripping*, semakin kecil perbandingan  $A/O$  maka konsentrasi uranium dalam larutan *stripper* akan semakin tinggi sehingga akan memudahkan proses selanjutnya, yaitu proses

pengendapan. Pada penentuan jumlah *stage* ini dipilih *stage* ekstraksi dengan perbandingan  $A/O = 2$ , yaitu 7 *stage* dan *stage stripping* dengan perbandingan  $A/O = 1/5$ , yaitu 6 *stage*. Pemilihan ini dilakukan berdasarkan konsentrasi uranium yang keluar dari proses *stripping* pada perbandingan  $A/O = 1/5$  menjadi lebih tinggi sehingga akan memudahkan proses pengendapan.



Gambar 11. Kurva Kesetimbangan dan Garis Operasi pada *Stripping* A/O = 1/5

## KESIMPULAN

Peningkatan jumlah TOA pada perbandingan ekstraktan (TOA:kerosen:isodekanol) menyebabkan peningkatan nilai  $K_d$  uranium dan peningkatan hingga 2% volume isodekanol juga menyebabkan peningkatan  $K_d$  uranium, kemudian turun perlahan. Ekstraksi uranium baik dilakukan pada perbandingan ekstraktan 5:93:2.

1. Peningkatan konsentrasi *stripper* sampai dengan konsentrasi  $H_2SO_4$  3 M menyebabkan kenaikan nilai  $K_d$  uranium, namun setelah konsentrasi  $H_2SO_4$  3M nilai  $K_d$  uranium kembali turun. *Stripping* torium baik dilakukan pada konsentrasi  $H_2SO_4$  3 M.

2. Nilai koefisien distribusi pada ekstraksi dengan perbandingan ekstraktan (TOA:kerosen:isodekanol = 5:92:3) adalah:  $U = 3,42$ ;  $Th = 0,02$ ;  $LTJ_2O_3 = 0,07$ ; dan  $PO_4 = 0,10$ . Nilai  $K_d$  pada *stripping* uranium dari ekstraktan tersebut, dengan menggunakan  $H_2SO_4$  3 M adalah  $U = 0,13$  dan  $Th = 2,21$ .
3. Jumlah *stage* ekstraksi-*stripping* yang dibutuhkan untuk memperoleh *recovery* 95% dengan ekstraksi menggunakan ekstraktan TOA:kerosen:isodekanol= 5:92:3 dan *stripper*  $H_2SO_4$  3 M adalah 7 *stage* ekstraksi pada perbandingan A/O= 2 dan 6 *stage stripping* pada perbandingan A/O = 1/5.

DAFTAR PUSTAKA

1. Trinopiawan, K., R. Prassanti, Sumarni, & R. Pudjianto, 2012. "Pemisahan U dari Th pada Monasit dengan Metode Ekstraksi Pelarut Alamine." dalam: *Seminar Geologi Nuklir dan Sumber Daya Tambang PPGN-BATAN*. Jakarta.
2. Nuri, H.L., Prayitno, A. Jami, & M. Pancoko, 2014. "Kebutuhan Desain Awal pada Pilot Plant Pengolahan Monasit Menjadi Thorium Oksida (ThO<sub>2</sub>)." dalam: *Eksplorium*, Vol. 35, No.2, November, hal. 131–141.
3. Cuthbert, F., 1958. *Thorium Production Technology*. USA: Addison Wesley Publishing Company, Inc.
4. Basset, J., R. Denny, G. Jeffrey & J. Mendham, 1994. *Buku Ajar Vogel Kimia Analisis Kuantitatif Anorganik*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
5. Clegg, J. W. & D.D. Foley, 1958. *Uranium Ore Processing*. USA: Addison Wesley Publishing Company, Inc.
6. Benedict, M. & T.H. Pigford, 1957. *Nuclear Chemical Engineering*. New York Toronto London: McGraw-Hill Book Company, Inc.
7. Crouse, D. & K. Brown, 1959. Recovery of Thorium, Uranium, and Rare Earths from Monazite Sulfat Leach Liquors by the Amine Extraction (Amex) Process. Oak Ridge National Laboratory-Union Carbide Nuclear Company.
8. Setyadji, M. & E. Susiantini, 2002. "Pengaruh Prosen TBP dan Perbandingan Umpan dan Pelarut pada Ekstraksi Uranium-Thorium Proses Thorex." dalam: *Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Penelitian Dasar Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir P3TM-BATAN*. Yogyakarta.
9. Morais, C., L. Gomiero, W. Filho & J. Rangel, 2005. "Uranium Stripping from Tertiary Amine by Sulfuric Acid Solution and Its Precipitation as Uranium Peroxide. in: *Minerals Engineering*, Vol. 18 Issues 13-14, hal. 1331–1333.
10. Warade, A., R. Gaikwad, R. Sapkal & V. Sapkal, 2011. "Simulation of Multistage Countercurrent Liquid-Liquid Extraction." in: *Leonardo Journal of Science*, hal. 79–94.
11. Ritcey, G., 2006. *Solvent Extraction-Principles and Applications to Process Metallurgy*. Canada: G.M. Ritcey & Associates Incorporated.
12. Coleman, C., K. Brown, J. Moore & D. Crouse, 1958. *Solvent Extraction with Alkyl Amine*. International Mining: Focus on Uranium, hal. 1756–1762.