

EKSTRAKSI DAN STRIPPING TORIUM DARI RAFINAT HASIL EKSTRAKSI URANIUM MONASIT BANGKA

Rida Ferliana¹, Bangun Wasito¹, Riesna Prassanti²

1) Teknokimia Nuklir STTN-BATAN, Jl. Babarsari, Kotak Pos 6101 YKBB Yogyakarta 55281

2) PTBGN-BATAN, Jl. Lebak Bulus Raya No.9. Ps. Jumat, Jakarta 12440

ABSTRAK

EKSTRAKSI DAN STRIPPING TORIUM DARI RAFINAT HASIL EKSTRAKSI URANIUM MONASIT BANGKA. Pusat Teknologi Bahan Galian Nuklir–Badan Tenaga Nuklir Nasional (PTBGN-BATAN) yang bekerja sama dengan PT Timah mengimplementasikan penelitian pengolahan monasit menjadi logam tanah jarang ke dalam skala *pilot plant* 50 kg/hari. Kegiatan tersebut menghasilkan limbah berupa unsur radioaktif, seperti uranium dan torium. Torium merupakan alternatif pengganti bahan bakar uranium. Agar dapat dijadikan bahan bakar nuklir, torium perlu dipisahkan terlebih dahulu. Salah satu metode pemisahan adalah ekstraksi-*stripping*. Ekstraksi-*stripping* torium dilakukan dengan menggunakan rafinat hasil ekstraksi uranium pada limbah pengolahan monasit. *Solvent* yang digunakan dalam ekstraksi adalah TBP dan dalam *stripping* adalah HNO₃ encer. Berdasarkan penelitian diperoleh bahwa semakin tinggi keasaman umpan, maka *recovery* dan koefisien distribusi torium semakin meningkat; serta semakin tinggi konsentrasi HNO₃, maka *recovery* semakin menurun dan koefisien distribusi torium semakin meningkat. Ekstraksi selama 15 menit, pH umpan 0,09, TBP/kerosen 50/50, dan perbandingan A/O = 1/1 memberikan koefisien distribusi sebesar 13,80 dengan *recovery* ekstraksi sebesar 93%. *Stripping* selama 15 menit, konsentrasi HNO₃ 0,1 N, dan perbandingan A/O = 1/1 memberikan koefisien distribusi 1,57 dengan *recovery* sebesar 38,92%. Jika *recovery* torium ingin ditingkatkan menjadi 95%, maka dibutuhkan 2 *stage* ekstraksi pada perbandingan A/O = 1/1, 8 *stage stripping* pada perbandingan A/O = 2/1, dan 5 *stage stripping* pada perbandingan A/O = 3/1.

Kata kunci: monasit, ekstraksi, *stripping*, torium, uranium, logam tanah jarang, koefisien distribusi, *stage*

ABSTRACT

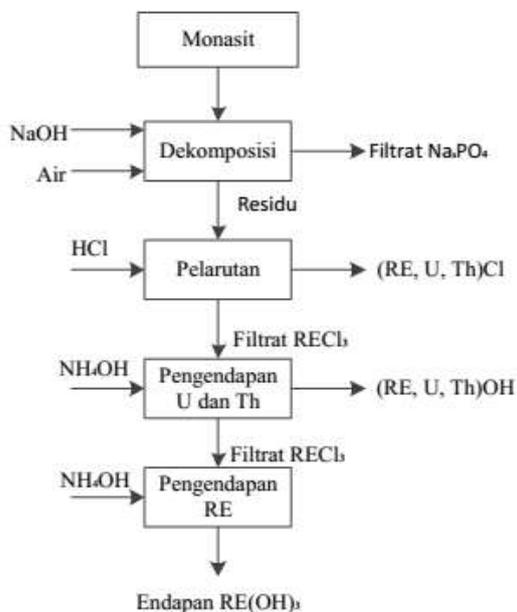
THORIUM EXTRACTION AND STRIPPING FROM URANIUM EXTRACTION RAFFINATE OF BANGKA MONAZITE. Centre for Nuclear Mineral Geology–National Nuclear Energy Agency in cooperation with PT Timah (TINS) has conducted a project of turning monazite into rare earth elements pilot plant of 50 kg/day. This project would produce radioactive wastes such as uranium and thorium. Thorium is an alternative fuel source to uranium. In order to be able to be used as nuclear fuel, the impurities must be separated from the thorium. One of the separation methods is extraction-stripping. Extraction and stripping of thorium was made by using raffinate of uranium extraction of rare earth elements wastes. Solvent used in extraction is TBP and in stripping is diluted acid. This research showed that the higher the acidity of feed, the more possibility of recovery and distribution coefficients of thorium will increase in the extraction; and the higher the concentration of HNO₃, the more possibility of recovery will decrease and distribution coefficients of thorium in the stripping will increase. Extraction in 15 minutes, with feed pH 0,09, TBP/kerosene 50/50, and A/O = 1/1 resulted in a distribution coefficient of 13,8 with the recovery of thorium to be 93,24%. Stripping in 15 minutes, with HNO₃ 0,1 N, and A/O = 1/1 resulted in a distribution coefficient of 1,57 with the recovery of thorium to be 38,92%. To increase recovery of thorium up to 95%, it would need two stages of extraction of A/O = 1/1, 8 stages of stripping of A/O = 2/1, and 5 stages of stripping of A/O = 3/1.

Keywords: monazite, extraction, stripping, thorium, uranium, rare earth element, distribution coefficient, stage

PENDAHULUAN

Monasit merupakan senyawa fosfat logam tanah jarang yang mengandung oksida logam tanah jarang, uranium, dan torium. Monasit Bangka merupakan hasil samping pencucian bijih timah oleh PT Timah. Monasit tersebut mengandung unsur-unsur logam tanah jarang sebesar 50,97%, uranium 0,298%, torium 4,147%, dan fosfat 23,712% [1]. Logam tanah jarang dapat digunakan pada energi nuklir, kimia, katalisator, elektronik, dan optik. Uranium dan torium digunakan sebagai bahan bakar nuklir, sedangkan fosfat digunakan dalam industri pupuk.

PTBGN-BATAN bekerja sama dengan PT Timah melakukan penelitian pengolahan monasit secara basa, dengan tahapan: preparasi monasit, dekomposisi, pelarutan parsial, pengendapan U dan Th, serta pengendapan $RE(OH)_3$ seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Berdasarkan hasil analisis di Laboratorium Chemex Canada, diperoleh $RE_2O_3 > 55,23\%$, U < 2 ppm, dan Th 16 ppm, sedangkan hasil analisis di laboratorium Alfred H.K., London diperoleh $RE_2O_3 76,12\%$, dengan U dan Th < 50 ppm [2].



Gambar 1. Pengolahan Monasit Secara Basa oleh PTBGN-BATAN [3]

Penelitian tersebut diimplementasikan dalam *pilot plant* 50 kg/hari sehingga hasil samping yang berupa uranium dan torium perlu dipikirkan. Meskipun paparan yang diterima masyarakat sangat rendah,

pencemaran uranium dan torium sangat tidak diharapkan. Uranium-238 dan torium-232 merupakan penghasil radiasi alfa sehingga dapat menimbulkan bahaya internal yang sangat tinggi. Dengan mengambil atau mengolahnya, uranium dan torium dapat menjadi bahan bakar nuklir.

Agar dapat dijadikan bahan bakar nuklir, torium harus memiliki kemurnian tinggi, yakni lebih dari 87,42% [4]. Penelitian Trinopiawan dkk. mengenai pemisahan uranium dari torium dengan ekstraksi menggunakan alamin memberikan *recovery* uranium 100%, torium 32,44%, logam tanah jarang 2,24%, dan fosfat tidak terdeteksi [5]. Berdasarkan hasil tersebut, uranium sudah mampu diambil, namun torium dan logam tanah jarang dalam rafinat masih sangat tinggi. Logam tanah jarang seperti gadolinium, samarium, dan disprosium merupakan penyerap neutron yang sebaik elemen boron dan kadmium [6] sehingga torium harus dipisahkan dari logam tanah jarang.

Dalam penelitian ini akan dilakukan pemisahan torium dari rafinat hasil ekstraksi uranium dengan metode ekstraksi-*stripping*. Penelitian mengenai pemurnian torium menggunakan TBP sudah pernah dilakukan, namun umpan yang digunakan berbeda serta ada beberapa kondisi yang perlu dicari. Pada penelitian ini akan ditentukan pengaruh pH umpan dalam ekstraksi torium. pH umpan yang diperoleh kemudian dapat dijadikan pengontrol dalam pelarutan umpan. Setelah proses ekstraksi, dilakukan pengembalian fase organik ke dalam fase *aqueous* melalui proses *stripping*. Data mengenai koefisien distribusi *stripping* belum ditemukan sehingga perlu ditentukan besarnya koefisien distribusi pada setiap variasi konsentrasi *stripper*.

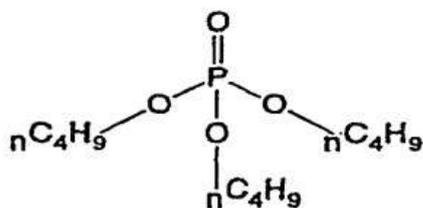
Penelitian ini difokuskan untuk mencari jumlah *stage* yang dibutuhkan untuk perancangan. Koefisien distribusi ekstraksi dan data-data yang sudah ada dapat dijadikan sebagai acuan penelitian.

TEORI

Ekstraksi Torium Menggunakan TBP

Ekstraksi merupakan proses pemisahan satu atau lebih zat terlarut dari larutannya dengan menggunakan pelarut lain. *Solvent* yang sering digunakan dalam pemurnian torium adalah TBP, yaitu senyawa organofosfat yang bersifat netral yang mempunyai rumus struktur

molekul seperti pada Gambar 2. Atom oksigen pada gugus P=O merupakan basa lewis dan bertindak sebagai atom donor yang dapat memberikan pasangan elektron bebas pada orbital kosong torium, uranium, dan LTJ [9].



Gambar 2. Struktur Tri-butyl-fosfat

Stripping Torium

Ekstraksi uranium menggunakan TBP lebih kuat dibandingkan pada torium dan logam tanah jarang. Langkah penting dalam pemisahan uranium dan torium adalah *stripping*. Pada proses *stripping*, torium dapat diambil dari ekstraksi TBP dengan menggunakan asam encer, sedangkan uranium dapat diambil dengan menggunakan air demineralisasi [6].

Koefisien Distribusi

Dalam ekstraksi maupun *stripping*, ketika larutan *aqueous* dikontakkan dengan *solvent*

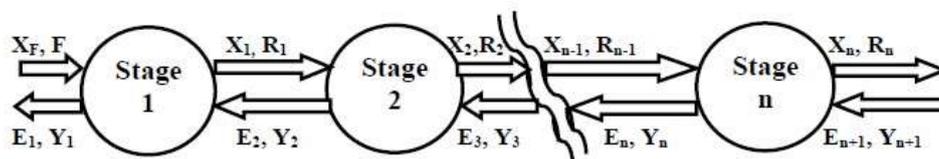
yang tidak saling melarutkan, komponen yang diekstrak akan ditemukan terdistribusi di antara dua fase, yaitu fase organik dan fase *aqueous*. Distribusi ini dapat dinyatakan dengan koefisien distribusi. Salah satu faktor penting dalam pemisahan ekstraksi-*stripping* adalah koefisien distribusi, yang dinyatakan dalam Persamaan (1).

$$Kd = \frac{[unsur]_{organik}}{[unsur]_{aqueous}} \quad (1)$$

Nilai koefisien distribusi pada ekstraksi diharapkan tinggi, sedangkan nilai koefisien distribusi pada *stripping* diharapkan rendah [7].

Ekstraksi Multistage dengan Aliran Berlawanan Arah (Counter Current)

Prinsip ekstraksi *multistage counter current* adalah mengontakkan umpan “baru” dengan *solvent* yang telah mengandung banyak *solute*. *Solute* tersebut merupakan ekstrak yang diperoleh sebagai hasil kontak pada *stage* berikutnya. Kemudian, umpan dengan *solute* yang telah menipis dikontakkan dengan pelarut pada tahap berikutnya, seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Ekstraksi Multistage Berlawanan Arah [7]

Jumlah *stage* yang dibutuhkan dapat ditentukan dengan cara berikut.

a. Metode Grafik McCabe-Thiele

Persamaan garis operasi dapat ditentukan dengan membuat neraca massa berdasarkan Gambar 3.

Neraca massa pada setiap *stage* dinyatakan dengan Persamaan (2).

$$FX_F + SY_{n+1} = RX_n + EY_1 \quad (2)$$

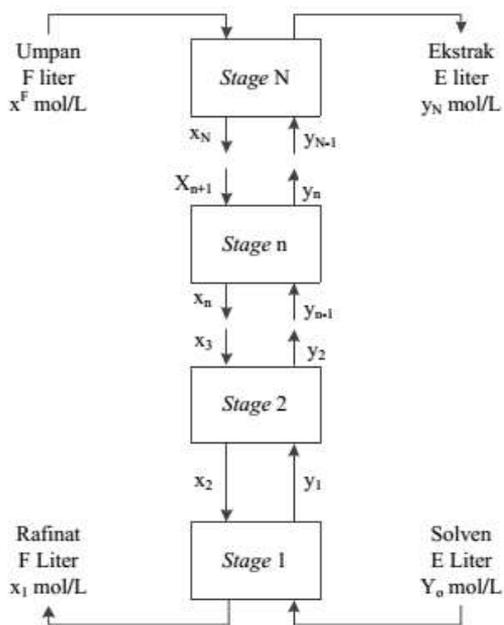
Karena *solvent* dan larutan umpan tidak saling melarutkan maka $F = R$ dan $S = E$ sehingga Persamaan (2) dapat diubah menjadi:

$$FX_F + SY_{n+1} = FX_n + SY_1 \quad (3)$$

$$Y_{n+1} = \frac{F}{S}(X_n - X_F) + Y_1 \quad (4)$$

X_n adalah fraksi massa *solute* dalam rafinat yang meninggalkan proses; X_F adalah fraksi massa *solute* dalam umpan yang masuk ke proses; F adalah kecepatan aliran massa umpan, S adalah kecepatan aliran massa *solvent*, dan $Y_{n+1} = Y_s$ adalah fraksi massa *solute* dalam ekstrak yang masuk ke proses.

Metode McCabe-Thiele juga dapat diterapkan berdasarkan konsentrasi *solute* di dalam ekstrak dan rafinat. Definisi laju alir, konsentrasi, dan jumlah *stage* ditunjukkan pada Gambar 4 dengan mengasumsikan bahwa kesetimbangan dicapai antara fase *aqueous* dan fase organik yang meninggalkan masing-masing *stage*.



Gambar 4. Definisi Laju Alir Volume, Konsentrasi, dan Jumlah Stage pada Ekstraksi Bertingkat [7]

Konsentrasi dalam organik dan *aqueous* dinyatakan dengan persamaan berikut.

$$Y_n = D_n X_n \tag{5}$$

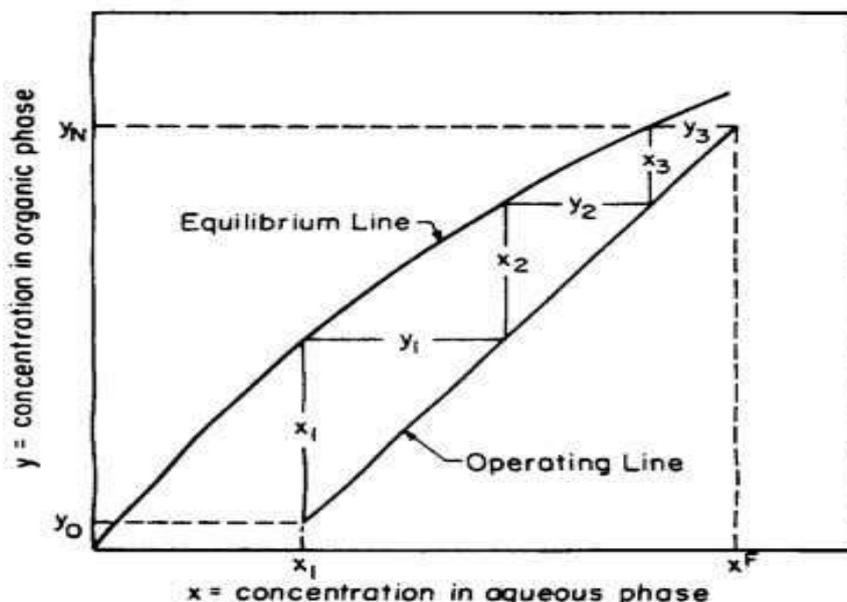
D merupakan koefisien distribusi pada *stage* ke-n.

Neraca massa sesuai dengan Gambar 4 dinyatakan dengan persamaan berikut.

$$E_{y_n} + F_{x_n} = E_{y_{n-1}} + F_{x_1} \tag{6}$$

$$y_{n-1} - y_0 = \frac{F}{E} (x_n - x_1) \tag{7}$$

Neraca massa dapat ditampilkan menggunakan garis operasi yang melewati titik (x₁,y₀) dan memiliki *slope* F/E. Persamaan (5) dapat ditampilkan dengan menarik garis kesetimbangan. Contoh garis kesetimbangan dan garis operasi berdasarkan konsentrasi dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Kurva Kesetimbangan dalam Penentuan Jumlah Stage Berdasarkan Konsentrasi [7]

b. Metode Shortcut

Ketika garis kesetimbangan lurus, intersep nol, dan garis operasi lurus, jumlah *stage* dapat dihitung dengan persamaan Kremser pada Persamaan (8) dan (9).[8]

$$N = \frac{\ln \left[\left(\frac{X_F - Y_S / m}{X_r - Y_S / m} \right) \left(1 - \frac{1}{\epsilon} \right) + \frac{1}{\epsilon} \right]}{\ln \epsilon} \tag{8}$$

Jika $\epsilon = 1$,

$$N = \frac{X_F - Y_S / m}{X_r - Y_S / m} - 1 \tag{9}$$

dengan $\epsilon = \frac{m}{F/S}$ = faktor ekstraksi

METODOLOGI

Bahan

Larutan (U, Th, RE)SO₄ sebagai umpan ekstraksi uranium dibuat dari residu pelarutan

parsial pada pengolahan monasit menjadi logam tanah jarang, ekstrak uranium yaitu larutan TOA/kerosen/isodekanol, ekstrak torium yaitu larutan TBP/kerosen, larutan *stripper* yaitu HNO₃ encer, NH₄OH sebagai reagen pengendap rafinat ekstraksi uranium, HNO₃ sebagai pelarut umpan ekstraksi torium, serta reagen analisis yang terdiri atas HNO₃, asam askorbat, NaF, TOPO, Br-PADAP, larutan kompleks II, larutan *buffer*, torin, asam oksalat, dan kertas saring Whatman nomor 42.

Alat

Gelas beker, gelas ukur, pengaduk magnetik, corong pemisah, timbangan analitik, labu ukur, mikropipet, *stopwatch*, *hot plate*, pH meter, termometer, pompa vakum, seperangkat spektrofotometer UV-Vis, *furnace*.

Langkah Kerja

Penyiapan Umpan Ekstraksi Torium

Larutan (U, Th, RE)SO₄ diekstraksi dengan campuran TOA, kerosen, dan isodekanol dengan perbandingan volume 5:92:3 dan perbandingan umpan dengan pelarut 1:5 selama 5 menit, kemudian fase organik dan *aqueous* dipisahkan dengan corong pemisah. Fase *aqueous* (rafinat) diendapkan dengan NH₄OH 20% hingga tercapai pH 6,3 selama 1 jam, kemudian residu dilarutkan dengan HNO₃ 5 M.

Penentuan Kondisi Optimum Ekstraksi

Larutan torium nitrat diekstraksi menggunakan TBP/kerosen (40/60) dengan perbandingan A/O 1:1 selama 5 menit, kemudian dilakukan pemisahan organik dari *aqueous*. Waktu ekstraksi divariasikan. Kadar U, Th, dan RE dalam fase *aqueous* dianalisis. Larutan torium nitrat pH 2 diekstraksi menggunakan TBP/kerosen (40/60) dengan A/O 1:1 selama waktu setimbang yang telah diperoleh. pH divariasikan. Ekstraksi dilanjutkan dengan variasi konsentrasi *solvent* dan perbandingan A/O menggunakan kondisi terbaik yang diperoleh dari variasi sebelumnya.

Penentuan Kondisi Optimum Stripping

Larutan torium nitrat diekstraksi menggunakan kondisi terbaik yang telah diperoleh. Fase organik dipisah dari fase *aqueous*, kemudian di-*stripping* menggunakan HNO₃ 0,5 N dengan perbandingan A/O 1:1 selama 5 menit. Waktu

stripping divariasikan. Kadar U, Th, dan RE dalam fase *aqueous* dianalisis. Waktu setimbang digunakan untuk mencari kondisi keasaman HNO₃ terbaik dengan melakukan variasi konsentrasi HNO₃.

Penentuan Jumlah Stage

Koefisien distribusi (Kd) dihitung menggunakan Persamaan (1). Kd yang diperoleh digunakan untuk membuat kurva kesetimbangan. Garis operasi dibuat dengan menghubungkan titik P(X_F, Y₁) dan Q(X_n, Y_{n+1}(=Y_s)). Garis horizontal ditarik ke kiri dari titik konsentrasi awal pada garis operasi, menyinggung garis kesetimbangan, dan dari titik tersebut ditarik garis vertikal ke bawah menyinggung garis operasi. Banyaknya segitiga yang terbentuk dihitung sebagai jumlah *stage* teoretis. Hasil metode grafik kemudian dibandingkan dengan metode *shortcut* berdasarkan Persamaan (8) dan (9).

Analisis Uranium

Sampel yang mengandung uranium dipipet ke dalam labu kocok, kemudian ditambahkan 15 ml HNO₃ 2,5 N, 2 ml asam askorbat 5%, 1 ml NaF, dan 5 ml larutan TOPO 0,05 N. Campuran dikocok selama 2 menit dan dibiarkan sampai fase organik dan fase cair terpisah. Fase organik dipipet sebanyak 2 ml ke dalam labu ukur 25 ml, lalu ditambahkan 1 ml larutan kompleks II, 1 ml larutan *buffer* pH 8,35, dan 2 ml Br-PADAP 0,05%, kemudian dibiarkan selama 10 menit dan ditandabatkan dengan etanol. Konsentrasi U dalam sampel diukur dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 574 nm menggunakan kurva standar uranium.

Analisis Torium

Sampel dipipet ke dalam labu ukur 50 ml, ditambahkan 5 ml asam askorbat 5% dan 5 ml torin, kemudian ditandabatkan dengan larutan HCl pH 0,8. Konsentrasi Th dalam sampel diukur dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 545 nm menggunakan kurva standar torium.

Analisis LTJ

Sampel dipipet ke dalam gelas beker, kemudian ditambah 30 ml akuades. pH larutan dikondisikan menjadi 1. Larutan diendapkan dengan 15 ml asam oksalat 10% dan dibiarkan selama semalam sampai endapannya mengendap. Endapan disaring, dibiarkan

kering, kemudian dibakar pada suhu 800 °C. Endapan RE₂O₃ didinginkan dan ditimbang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Umpan Ekstraksi

Berdasarkan data *Basic Engineering Design* PTBGN-BATAN, hasil samping *pilot plant* logam tanah jarang 50 kg/hari masih mengandung 0,78% UO₂(OH)₂, 8,12% Th(OH)₄, dan 7,06% RE(OH)₃. Hasil samping tersebut merupakan hasil samping pada proses pelarutan parsial seperti pada Gambar 1.

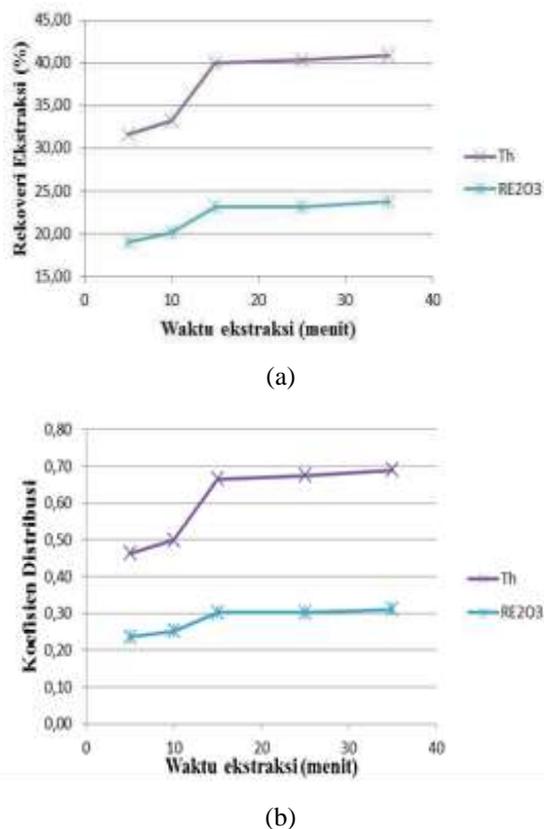
Pada penelitian ini dilakukan ekstraksi torium dari rafinat hasil ekstraksi uranium monasit Bangka. Pada ekstraksi uranium, umpan yang digunakan adalah hasil samping pengolahan monasit yang telah dikondisikan menjadi larutan sulfat. Konsentrasi umpan ekstraksi yang digunakan yaitu Th 1,23%, U 411,4 ppm, dan RE₂O₃ 2,86%. Ekstraksi uranium dilakukan menggunakan *solvent* TOA dengan kondisi optimum, yakni selama 5 menit, pH umpan 1,5, perbandingan A/O = 1/5, dan TOA/kerosen/isodekanol = 5:92:3.[5]. Dengan menggunakan kondisi tersebut, diperoleh *recovery aqueous* untuk unsur Th sebesar 81,10%, RE₂O₃ 96,50%, dan U tidak terdeteksi. Dalam rafinat sebenarnya mungkin masih ada uranium, namun dalam konsentrasi sangat kecil sehingga tidak dapat terdeteksi oleh larutan standar 5 ppm sampai 200 ppm dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

Aqueous dari ekstraksi merupakan larutan sulfat sehingga harus diubah menjadi larutan nitrat agar dapat diekstraksi dengan TBP. Rafinat ekstraksi diendapkan terlebih dahulu pada pH 6,3 selama 1 jam. Pengendapan pada pH tersebut bertujuan untuk meminimalkan logam tanah jarang. Berdasarkan pengendapan tersebut diperoleh *recovery* endapan untuk unsur Th sebesar 98,73%, RE₂O₃ 65,73%, dan U tidak terdeteksi. Endapan dilarutkan dengan HNO₃ 5 N dengan *recovery* Th 54,22% dan RE₂O₃ 74,63%.

Ekstraksi Torium

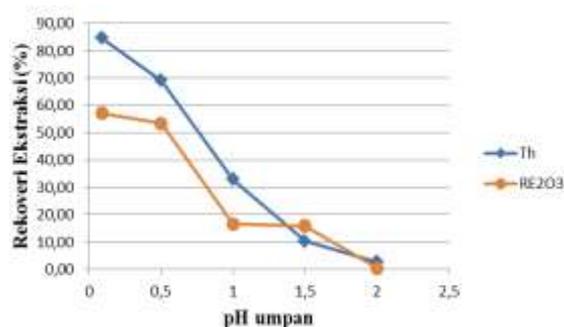
Untuk melihat pengaruh pH terhadap koefisien distribusi, dilakukan pencarian waktu setimbang terlebih dulu. Hal ini disebabkan karena koefisien distribusi merupakan perbandingan konsentrasi dari *solute* dalam satu fase cair dengan konsentrasi *solute* dalam

fase cair lainnya pada saat setimbang. Berdasarkan percobaan diperoleh waktu setimbang 15 menit seperti pada Gambar 6. Pada waktu 15 menit dan waktu 25 menit koefisien distribusi yang diperoleh hampir sama. Ketika waktu bertambah menjadi 35 menit, nilai koefisien distribusi pun tidak jauh berbeda.

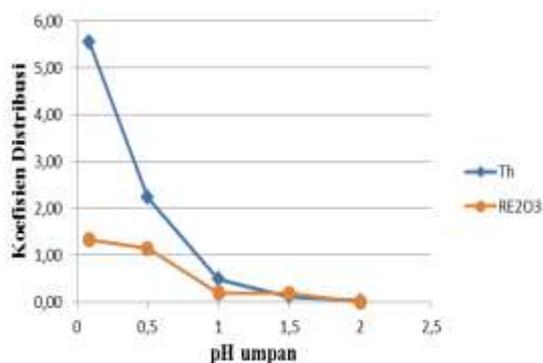


Gambar 6. Grafik Hubungan Waktu dengan (a) Recovery Ekstraksi dan (b) Koefisien Distribusi

Waktu setimbang tersebut digunakan untuk mencari kondisi pH umpan. Berdasarkan Gambar 7 dapat diketahui bahwa semakin tinggi keasaman umpan, semakin banyak torium maupun logam tanah jarang yang terekstrak. Berdasarkan percobaan diperoleh pH umpan terbaik yaitu 0,09 dengan efisiensi ekstraksi torium 84,74% dan RE₂O₃ 57,14% serta koefisien distribusi torium 5,55 dan koefisien distribusi RE₂O₃ 1,33. Meskipun torium yang terekstrak banyak, logam tanah jarang yang ikut terekstrak juga cukup banyak. Hal ini dapat disebabkan oleh ekstraktan yang digunakan kurang selektif.



(a)



(b)

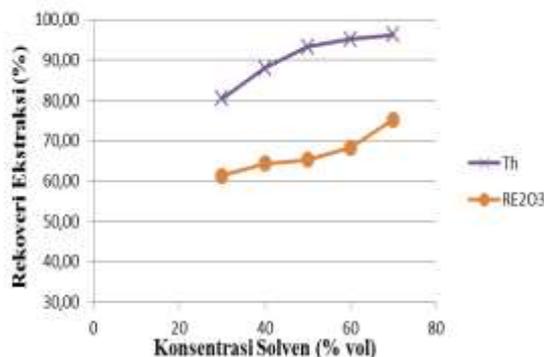
Gambar 7. Grafik Hubungan pH Umpan dengan (a) *Recovery* Ekstraksi dan (b) Koefisien Distribusi

Koefisien distribusi yang diperoleh di bawah koefisien distribusi penelitian Suyanti dan Suprihati serta penelitian Setyadji dan Susiantini. Pada percobaan Suyanti dengan kondisi optimum waktu ekstraksi 25 menit, konsentrasi HNO_3 5 M, TBP/kerosen 30/70, dan perbandingan A/O 1/1 diperoleh koefisien distribusi torium sebesar 20,509 [9]. Hal ini disebabkan oleh HNO_3 5 M yang digunakan berlebih sehingga pH umpan di bawah 0,09.

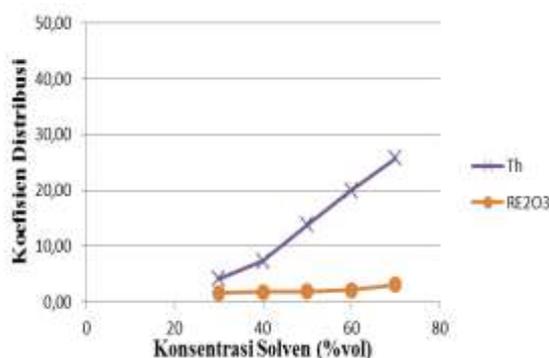
Berbeda dengan penelitian Suyanti, pada penelitian Setyadji dengan waktu ekstraksi 20 menit, keasaman 3 N, TBP/kerosen 50/50, dan perbandingan A/O 1/2 diperoleh koefisien distribusi torium sebesar 15,356 [11]. Hal ini disebabkan oleh keasaman dan konsentrasi ekstraktan yang berbeda. Oleh sebab itu, perlu dilakukan penentuan konsentrasi ekstraktan.

Berdasarkan Gambar 8, semakin tinggi konsentrasi TBP yang digunakan maka koefisien distribusi dan *recovery* semakin meningkat. Hal ini disebabkan oleh pasangan elektron bebas pada TBP lebih banyak sehingga dapat mengikat torium lebih banyak. Konsentrasi TBP optimum yang dipilih yaitu 50% karena dikhawatirkan densitas ekstraktan pada konsentrasi TBP yang lebih tinggi masih mendekati densitas air sehingga diperlukan

pemisahan yang lebih lama. Pada konsentrasi 50% diperoleh koefisien distribusi sebesar 13,79.



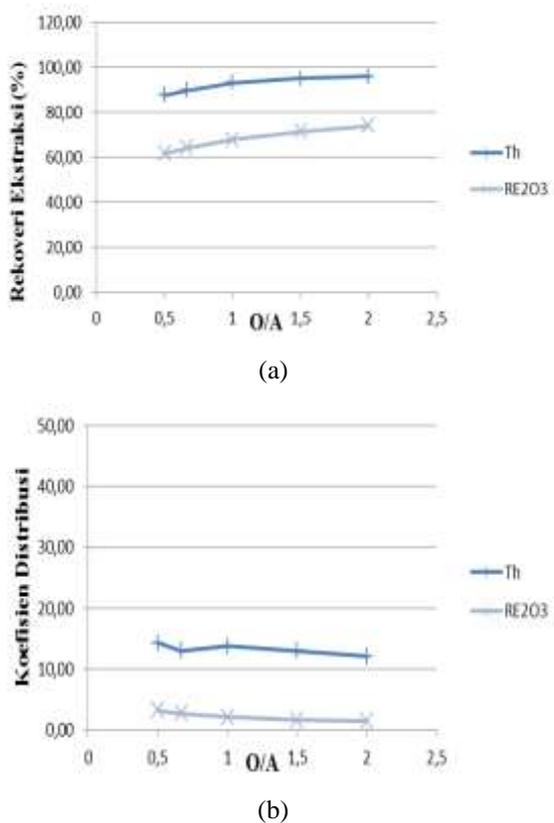
(a)



(b)

Gambar 8. Grafik Hubungan Konsentrasi *Solvent* dengan (a) *Recovery* Ekstraksi dan (b) Koefisien Distribusi

Koefisien distribusi yang diperoleh tidak jauh berbeda dengan percobaan Setyadji meskipun Setyadji menggunakan perbandingan O/A 1/2. Berdasarkan persamaan koefisien distribusi, perbandingan O/A tidak mempengaruhi K_d sehingga K_d dapat dijadikan landasan untuk menentukan jumlah *stage* ekstraksi dalam industri. Perbandingan O/A berpengaruh terhadap *recovery* ekstraksi yang diperoleh. Semakin banyak organik yang ditambahkan maka semakin besar *recovery* yang diperoleh. Pengaruh O/A terhadap koefisien distribusi dan *recovery* ekstraksi ditunjukkan pada Gambar 9.

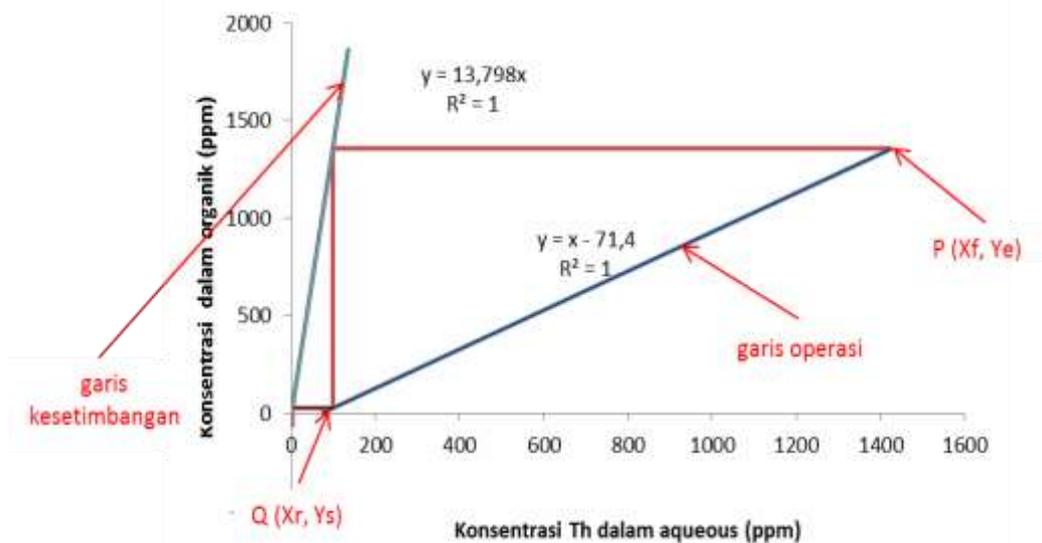


Gambar 9. Grafik Hubungan Rasio A/O dengan (a) Recovery Ekstraksi dan (b) Koefisien Distribusi

Koefisien distribusi yang diperoleh dari percobaan dapat digunakan untuk menghitung jumlah *stage* ekstraksi. Penentuan *stage* dilakukan berdasarkan ekstraksi *multistage*

countercurrent mengingat ekstraksi ini sering diterapkan dalam industri karena menghasilkan *recovery* cukup tinggi. Jumlah *stage* dihitung dengan metode grafik McCabe-Thiele dan metode *shortcut*. Dengan memasukkan data konsentrasi unsur dalam fase *aqueous*, dapat dihitung konsentrasi unsur dalam fase organik. Garis kesetimbangan dibuat dengan X-Y diagram. Konsentrasi unsur dalam fase *aqueous* dinyatakan dengan X dan konsentrasi unsur dalam organik dinyatakan dengan Y.

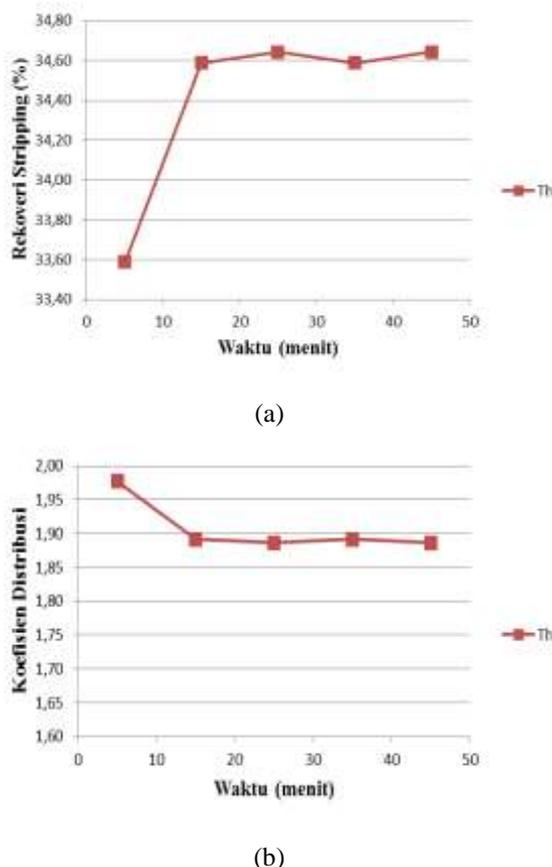
Selain itu, perlu dibuat garis operasi dengan menghubungkan dua koordinat, yaitu titik P($X_F, Y_e=Y_N$) dan Q($X_r=X_1, Y_s=Y_0$). Berdasarkan metode grafik McCabe-Thiele dapat diketahui bahwa untuk memperoleh *recovery* torium 95%, *stage* yang dibutuhkan adalah 1 (satu) *stage*, seperti pada Gambar 10. Dalam perancangan, digunakan tahap n+1 atau tahap aktual untuk memberikan *over design* sehingga jumlah *stage* yang dibutuhkan adalah 2 (dua) *stage*. Untuk memastikan ketepatan grafik tersebut, dilakukan perhitungan dengan persamaan Kremser. Hasil yang diperoleh adalah 1,18. Jika digunakan perhitungan n+1, maka hasil tersebut juga sama dengan hasil pada metode grafik.



Gambar 10. Kurva Penentuan Jumlah *Stage* Ekstraksi Torium

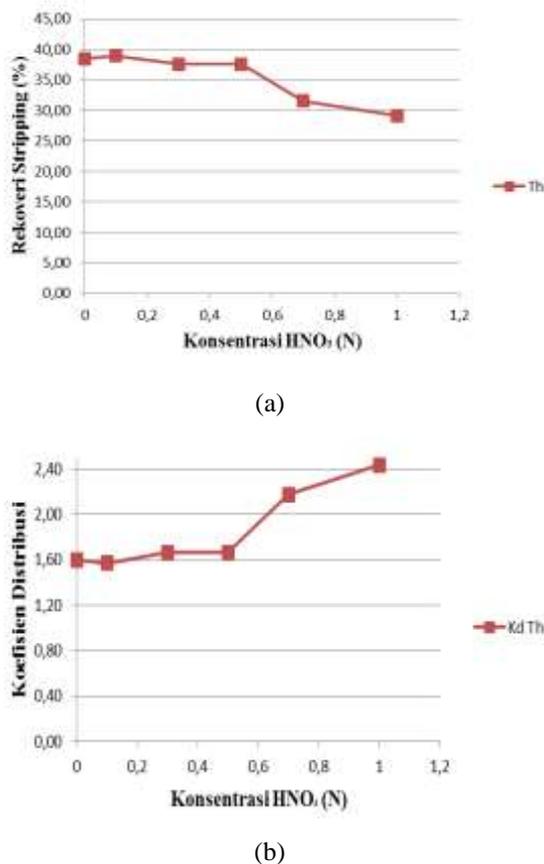
Stripping

Untuk memperoleh nilai koefisien distribusi *stripping*, terlebih dahulu dicari waktu setimbangnya. Berdasarkan percobaan, diperoleh waktu setimbang 15 menit seperti yang ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Grafik Hubungan Waktu *Stripping* dengan (a) *Recovery Stripping* dan (b) Koefisien Distribusi.

Waktu setimbang kemudian digunakan untuk menentukan konsentrasi *stripper*. Semakin tinggi konsentrasi *stripper*, nilai koefisien distribusi semakin tinggi dan *recovery* semakin turun, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 12. Namun, pada konsentrasi 0 koefisien distribusi torium menurun. Larutan *stripper* dengan keasaman rendah mampu menarik Th ke dalam larutan asam nitrat karena afinitas Th^{4+} terhadap NO_3^- lebih besar daripada afinitas LTJ [9]. Pada konsentrasi yang lebih tinggi, pembentukan kompleks torium nitrat tidak sempurna [10]. Berdasarkan percobaan diperoleh koefisien distribusi sebesar 1,57 dan *recovery* Th sebesar 38,92%.

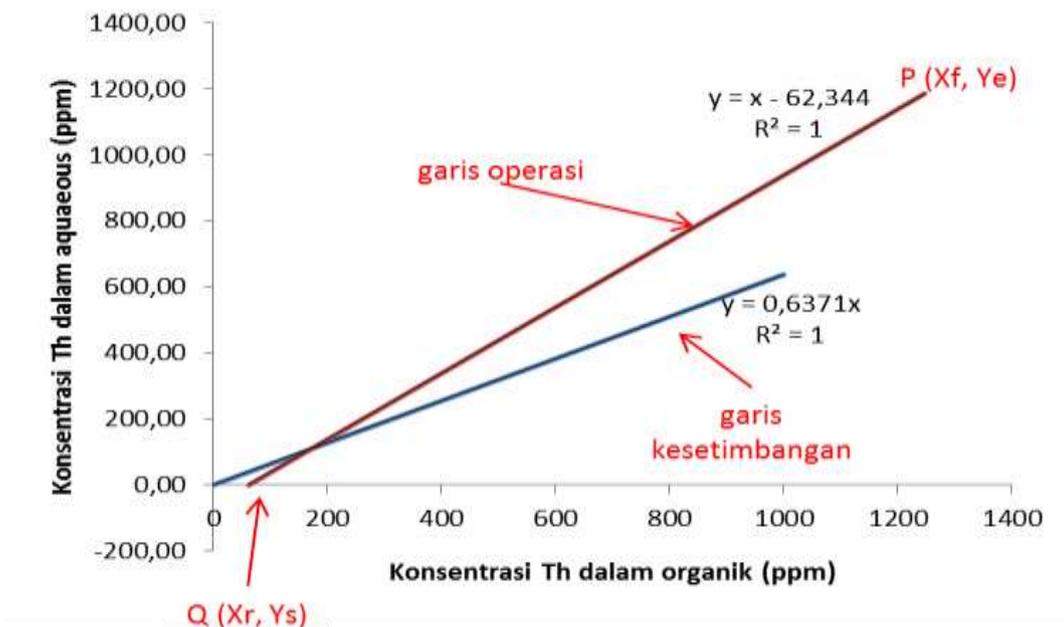


Grafik 12. Grafik Hubungan Konsentrasi HNO_3 dengan (a) *Recovery Stripping* dan (b) Koefisien Distribusi

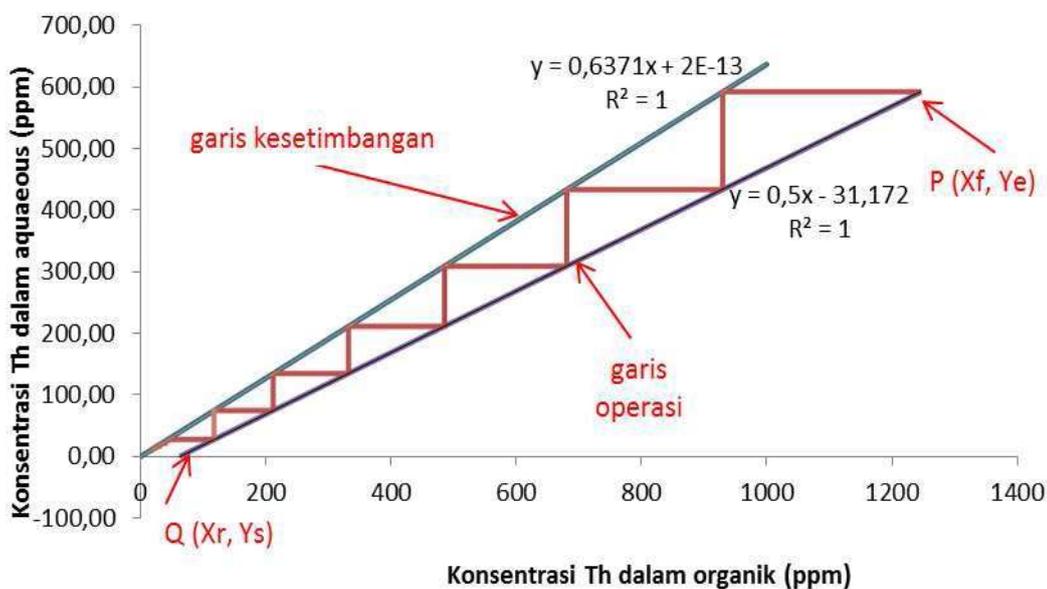
Jumlah *stage stripping* dapat dihitung menggunakan grafik metode McCabe-Thiele, sama seperti pada ekstraksi. Untuk perbandingan $A/O = 1$, jumlah *stage* tidak dapat dihitung. Hal ini disebabkan nilai koefisien distribusi yang kecil, yaitu 1,57 dan *recovery* Th yang hanya 38,92% sehingga diperlukan *stage* yang sangat banyak. Selain itu, *slope* garis operasi lebih besar daripada *slope* garis kesetimbangan, seperti yang tampak pada Gambar 13. Oleh sebab itu, agar dapat dihitung maka volume *solvent* perlu ditambah. Untuk mendapatkan *recovery* torium 95%, jika perbandingan $A/O = 2/1$, maka dibutuhkan 7 *stage* berdasarkan grafik dan 6,71 *stage* berdasarkan metode *shortcut*. Sementara itu, jika perbandingan $A/O = 3/1$ maka dibutuhkan 4 *stage* berdasarkan grafik dan 3,56 *stage* berdasarkan metode *shortcut*. Untuk memberikan *over design*, maka jumlah *stage* yang dibutuhkan sebanyak 8 *stage* untuk perbandingan $A/O = 2$ dan 5 *stage* untuk perbandingan $A/O = 3$. Jadi, jumlah *stage* yang dibutuhkan bergantung pada perbandingan A/O . Semakin banyak jumlah *solvent*, maka

jumlah *stage* yang dibutuhkan semakin sedikit. Dalam industri, menentukan jumlah *stage* ini

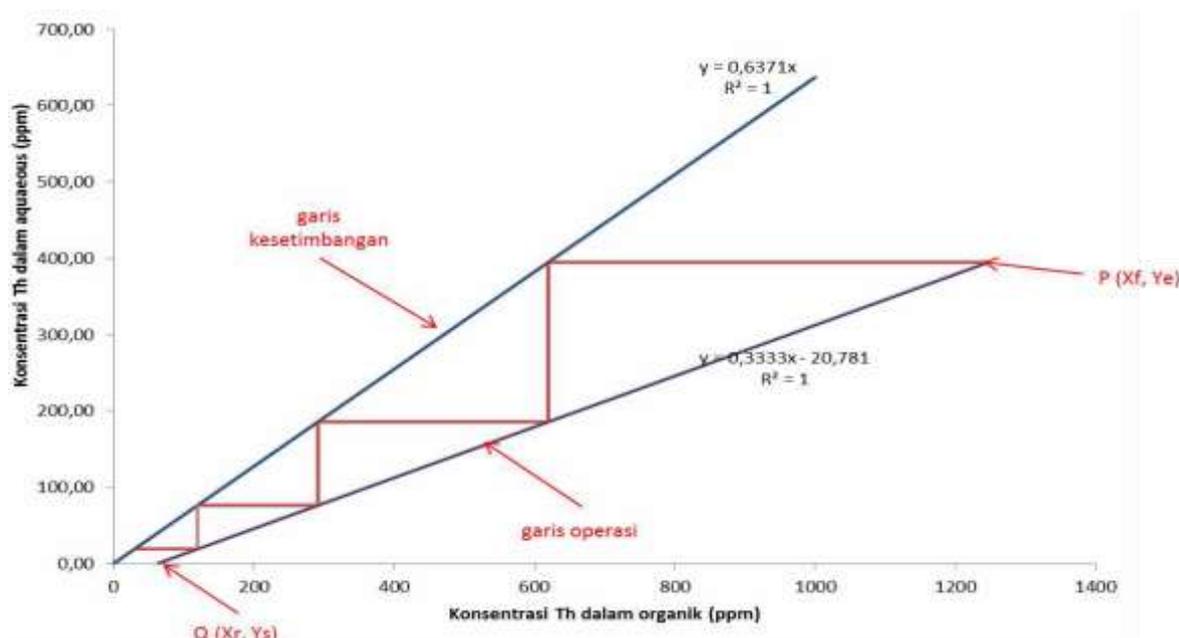
memerlukan analisis ekonomi, baik bahan yang dibutuhkan, alat, maupun biaya perawatan alat.



Gambar 13. Kurva Penentuan Jumlah *Stage Stripping* Torium dengan A/O = 1



Gambar 14. Kurva Penentuan Jumlah *Stage Stripping* Torium dengan A/O = 2



Gambar 15. Kurva Penentuan Jumlah Stage Stripping Torium dengan A/O = 3

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian ini, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut.

1. Semakin tinggi keasaman umpan, maka *recovery* dan koefisien distribusi torium semakin meningkat.
2. Semakin tinggi konsentrasi HNO₃, maka *recovery* semakin menurun dan koefisien distribusi torium dalam *stripping* semakin meningkat.
3. Untuk memperoleh *recovery* torium 95%, ekstraksi dengan waktu 15 menit, 50% TBP dan 50% kerosen, serta perbandingan A/O = 1, dibutuhkan 2 *stage*. Sementara itu, *stripping* dengan waktu 15 menit, dan HNO₃ 0,1 N, membutuhkan 8 *stage stripping* pada perbandingan A/O = 2 dan 5 *stage stripping* pada perbandingan A/O = 3.

SARAN

1. Unsur logam tanah jarang perlu dianalisis secara individual dengan menggunakan metode analisis yang lebih akurat.
2. TBP sebagai ekstraktan kurang selektif dalam pemisahan torium sehingga perlu dicari ekstraktan lain yang lebih selektif.
3. Jika akan menerapkan jumlah *stage* ekstraksi-*stripping* ke skala yang lebih besar, perlu diperhitungkan faktor ekonomi dan keselamatan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Susilaningtyas, Erni R.A., L.N. Hafni, R. Faisal, 1999. "Pengolahan Monasit Bangka Menjadi Konsentrat Tanah Jarang Hidroksida." dalam: *Seminar Nasional Pranata Nuklir II*. Jakarta.
2. Nuri, H.L., Riza, Faizal, Susilaningtyas, S. Waluyo, dan E.R. Arief, 2004. "Aplikasi Peralatan Proses Monasit Skala Laboratorium untuk Pengolahan Monasit Bangka menjadi *Rare Earth* Oksida dengan Kapasitas 1 kg/hari" dalam: *Seminar Geologi Nuklir dan Sumber Daya Tambang Tahun 2004*. Jakarta: Pusat Pengembangan Bahan Galian dan Geologi Nuklir BATAN.
3. Sumaryanto, Agus, 2012. "Uranium and Thorium Exploration Activities and Their Processing Research in Indonesia." dalam: Slide Presentasi dalam acara Interregional IAEA-CYTED-UNECE Workshop on Recent Developments in Evaluation of Uranium and Thorium Resources. Portugal.
4. Burke, T.J., May 1982. *The Characterization of Commercial Thorium Oxide Powders*. Pennsylvania: Bettis Atomic Power Laboratory.
5. Trinopiawan, K., R. Prassanti, Sumarni, dan R. Pudjianto, 2012. "Pemisahan U dari Th pada Monasit dengan Metode Ekstraksi

- Pelarut Alamine.” dalam: *Prosiding Geologi Nuklir dan Sumber Daya Tambang Pusat Pengembangan Geologi Nuklir–BATAN*. Jakarta.
6. Cuthbert, F.L, 1958. *Thorium Production Technology*. Addison Wesley Publishing Company Inc., USA.
 7. Benedict, M., T.H. Pigfoth, and H.W. Levi, 1981. *Nuclear Chemical Engineering*. New York: McGraw-Hill Book Company.
 8. Perry, R.H and D.W. Green, 1999. *Perry's Chemical Engineers' Handbook*. New York: McGraw-Hill Book Company.
 9. Suyanti dan Suprihati, 2010. “Pemurnian Torium dengan Cara Ekstraksi Memakai Tributyl Fosfat.” dalam: *Prosiding PPI-PDIPTN Pustek Akselerator dan Proses Bahan–BATAN*. Yogyakarta.
 10. Patkar, S.N., A.S. Burungale, dan R.J. Patil, 2009. “Separation and Liquid-Liquid Extraction of Thorium (IV) as Sulfate Complex with Synergistic Mixture of N-n-Octylaniline and Trioctylamine as an Extractant.” in: *Rasayan J. Chem. India*: Department of Chemistry, Karnaveer Bhaurao Patil College.
 11. Setyadji, Moch. dan Endang Susiantini, 2002. Pengaruh Prosen TBP dan Perbandingan Umpan dan Pelarut pada Ekstraksi Uranium-Thorium Proses Thorex. Yogyakarta: Puslitbang Teknologi Maju BATAN.