

EKSTRAKSI KONSENTRAT NEODIMIUM MEMAKAI ASAM DI- 2 - ETIL HEKSIL FOSFAT

MV PURWANI, SUYANTI, MUHADI AW

Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan-BATAN

Jl. Babarsari Kotak Pos 1008, DIY 55010

Telp. 0274.488435, Faks 487824

Abstrak

EKSTRAKSI KONSENTRAT NEODIMIUM MEMAKAI ASAM DI- 2 - ETIL HEKSIL FOSFAT. Telah dilakukan ekstraksi konsentrat Nd hasil olah pasir monasit. Sebagai fasa air adalah konsentrat $Nd(OH)_3$ dalam HNO_3 dan sebagai ekstraktan atau fasa organik adalah asam di- 2 - etil heksil fosfat (D_2EHPA) dalam kerosen. Parameter yang diteliti konsentrasi HNO_3 , konsentrasi umpan, konsentrasi D_2EHPA dalam kerosen, waktu pengadukan dan kecepatan pengadukan. Dari hasil penelitian optimasi proses ekstraksi neodimium dari konsentrat $Nd(OH)_3$ hasil olah pasir monasit dengan ekstraktan D_2EHPA diperoleh kesimpulan sebagai berikut: konsentrasi HNO_3 yang optimum 5 M, konsentrasi umpan 5 gram/10 mL, konsentrasi D_2EHPA – kerosen 6 %, Waktu pengadukan yang optimum 25 menit, kecepatan pengadukan 200 rpm. Pada kondisi ini diperoleh $K_d Nd = 0,24$; efisiensi ekstraksi Nd = 19,60 %; FP Nd-La = $\approx \infty$ (mendekati tak terhingga); FP Nd-Ce = 0,27 (FP Ce – Nd = 3,71) dan FP Nd-Y = 2,56.

Kata kunci : Ekstraksi, Neodimium, D2EHPA

Abstract

THE EXTRACTION OF NEODIMIUM CONCENTRATE USING DI – ETHYL HEXYL PHOSPHORIC ACID. The Extraction of Neodimium concentrate product from monazite sand has been done. The aqueous phase was $Nd(OH)_3$ in $Nd(OH)_3$ and organic phase was or solvent di – ethyl hexyl phosphoric acid (D_2EHPA) in kerosene. The concentration of HNO_3 , concentration of feed, concentration of D_2EHPA in kerosene, time and rate of agitation were observed from the optimization of extraction process neodimium from $Nd(OH)_3$ concentrated with D_2EHPA , were obtained: concentration of HNO_3 was 5 M, concentration of feed was 5 gram/10 mL, time concentration of D_2EHPA in kerosene was 6 %, time of agitation was 25 minutes and rate of agitation was 200 rpm.. At this condition we obtained $K_d Nd = 0,24$; extraction efficiency of Nd = 19,60 %. Separation Factor (SF) of SF Nd-La = $\approx \infty$ (infinte); SF Nd-Ce = 0,27 (SF Ce – Nd = 3,71) and SF Nd-Y = 2,56.

Keywords: Extraction, Neudinium, D2EHPA

PENDAHULUAN

Neodimium ditemukan oleh Welsbach pada tahun 1885. Unsur tersebut mempunyai nomor atom 60, massa atom 144,2 g mol⁻¹, densitas 7,0 g cm⁻³, titik leleh 1024 °C, dan titik didih 3047°C^[1]. Neodimium termasuk unsur logam tanah jarang yang keberadaannya berlimpah setelah serium, dapat ditemukan dalam pasir monasit, termasuk dalam golongan lantanida. Neodimium merupakan logam

kuning keperakan yang berkilauan serta sangat reaktif, merupakan salah satu unsur tanah jarang yang dapat ditemukan pada peralatan-peralatan rumah seperti televisi berwarna, lampu pijar, dan lampu hemat energi. Campuran logam neodimium, besi, dan boron digunakan dalam pembuatan magnet permanen. Magnet ini adalah bagian dari komponen kendaraan, selain itu digunakan untuk menyimpan data pada komputer dan digunakan pada *loudspeaker*^[2, 3]

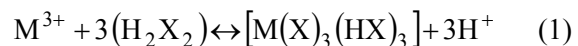
Pasir monasit adalah mineral yang mempunyai bentuk ikatan fosfat yang mengandung Th dan logam tanah jarang (LTJ). Rumus kimia pasir monasit secara umum dituliskan $(LTJ-Th)PO_4$ ^[4]. Di Indonesia pasir monasit yang diperoleh dalam pasir dari Bangka yang merupakan hasil samping pengolahan timah dari penambangan timah oleh PT. Timah. Hasil samping ini berupa pasir yang dibuang di laut Bangka dan sekitarnya. Neodimium hidroksida merupakan hasil olah pasir monasit.

Pemisahan Nd dari konsentrat $Nd(OH)_3$ hasil olah pasir monasit perlu dilakukan mengingat akan kegunaan dan harga Nd yang mahal. Untuk memisahkan Nd dilakukan dengan proses ekstraksi pelarut. Ekstraksi pelarut menyangkut distribusi suatu zat terlarut (solut) di antara dua fasa air yang tidak saling bercampur^[3]. Teknik ekstraksi sangat berguna untuk pemisahan secara cepat dan "bersih" baik untuk zat organik maupun zat anorganik. Cara ini dapat digunakan untuk analisis makro maupun mikro. Melalui proses ekstraksi, ion logam dalam pelarut air ditarik keluar dengan suatu pelarut organik (fasa organik). Secara umum, ekstraksi ialah proses penarikan suatu zat terlarut dari larutannya di dalam air oleh suatu pelarut lain yang tidak dapat bercampur dengan air (fasa air). Tujuan ekstraksi ialah memisahkan suatu komponen dari campurannya dengan menggunakan pelarut.

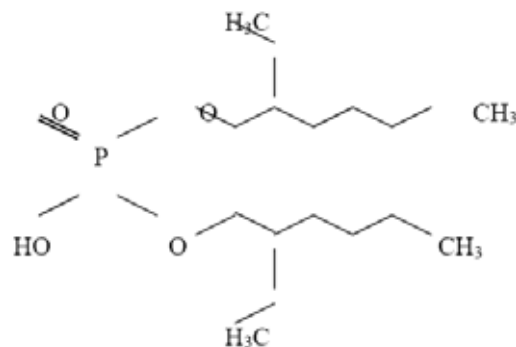
Menurut Khopkar^[6], beberapa cara dapat mengklasifikasikan sistem ekstraksi. Cara klasik adalah mengklasifikasikan berdasarkan sifat zat yang diekstraksi, sebagai khelat atau sistem ion berasosiasi. Ada sistem ekstraksi yang melibatkan pembentukan pasangan ion. Ekstraksi berlangsung melalui pembentukan spesies netral yang tidak bermuatan diekstraksi ke fasa organik.

Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan ekstraksi dengan tri butil fosfat (TBP). Hasil yang telah dicapai dari ekstraksi Nd dengan TBP-kerosen 15% adalah $K_d Nd = 0,2$; efisiensi ekstraksi Nd = 17,00 %; FP Nd-La = $\approx \infty$ (mendekati tak terhingga); FP Nd-Ce = 0,20 dan FP Nd-Y = 4,36. dengan pemakaian TBP – Kerosen 15%. Untuk meningkatkan hasil ekstraksi, dalam percobaan ini dicoba dipakai Asam di-2-etil heksil fosfat (D_2EHP) sebagai solven, karena D_2EHP merupakan senyawa yang lebih kuat untuk mengekstrak Nd.

Asam di-2-etil heksil fosfat (D_2EHP) merupakan donor yang kuat, yang mempunyai satu atom H yang dapat digantikan oleh ion-ion logam, sehingga senyawa ini biasa disebut dengan senyawa penukar ion. Di samping itu senyawa D_2EHP mempunyai gugus $P=O$ yang dapat berkoordinasi dengan ion logam. Diketahui pelarut D_2EHP biasanya berada dalam dimer (H_2X_2) yang tersusun sebagai dua molekul D_2EHP . Pada keadaan ini akan saling mengadakan ikatan hidrogen intra molekuler dengan ion logam yang diekstraksi dengan hanya memutus satu atau dua ikatan hidrogen yang terjadi di dalam dimer. Asam di-2-etil heksil fosfat memiliki berat jenis 0,97 dan massa molekul relatifnya adalah 322,43 g/ mol. Rumus struktur D_2EHP dapat dilihat pada Gambar 1.



Reaksi kimia yang terjadi antara logam tanah jarang dengan D_2EHP adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Rumus struktur D_2EHP

Pada banyak sistem ekstraksi, ekstrakten dilarutkan dengan suatu pengencer yang tidak saling bereaksi yang disebut diluen. Pemakaian diluen terutama untuk memperbaiki sifat fisika dari fasa organik.

Pelarut organik sebagian besar mempunyai berat jenis dan kekentalan tinggi, maka menyebabkan sukarnya proses pemindahan solut dari fasa air ke fasa organik. Untuk mempermudah proses tersebut kekentalan fasa organik harus diturunkan dengan cara menambahkan pengencer organik. Salah satu pengencer organik yang sering digunakan adalah kerosin.

Menurut penelitian Teramoto^[7], neodimium dan lantanum dapat dipisahkan dengan cara ekstraksi menggunakan ekstrak D₂EHPA. Pada penelitian tersebut dapat diketahui bahwa logam yang mempunyai berat atom lebih besar akan terekstrak lebih cepat.

Menurut hukum distribusi Nerst^[8], bila ke dalam dua pelarut yang tidak saling bercampur dimasukkan solut yang dapat larut dalam kedua pelarut tersebut maka akan terjadi pembagian kelarutan. Dalam praktek solut akan terdistribusi dengan sendirinya ke dalam dua pelarut tersebut setelah dikocok dan dibiarkan terpisah. Perbandingan konsentrasi solut di dalam kedua pelarut tersebut tetap, dan merupakan suatu tetapan pada suhu tetap. Tetapan tersebut disebut tetapan distribusi atau koefisien distribusi. Koefisien distribusi dinyatakan dengan rumus sebagai berikut:

$$K_d = \frac{C_2}{C_1} \text{ atau } K_d = \frac{C_o}{C_a} \quad (2)$$

Dengan K_d = koefisien distribusi dan C_1 , C_2 , C_o , dan C_a masing-masing adalah konsentrasi solut pada pelarut 1, 2, organik, dan air. Dari rumus tersebut jika harga K_d besar, solut secara kuantitatif akan cenderung terdistribusi lebih banyak ke dalam pelarut organik, begitu pula terjadi sebaliknya^[9].

Sebagai ukuran keberhasilan untuk suatu proses ekstraksi sering digunakan besaran berupa faktor pisah (FP) yakni perbandingan antara koefisien distribusi suatu unsur dengan koefisien distribusi unsur yang lainnya. Persamaan untuk memperoleh FP adalah:

$$FP = \frac{K_{d1}}{K_{d2}} \quad (3)$$

K_{d1} adalah koefisien distribusi unsur 1 dan K_{d2} adalah koefisien distribusi unsur 2.

Efektifitas dalam proses ekstraksi dapat dinyatakan dengan persen solut yang terekstrak yang dapat diperoleh dengan persamaan sebagai berikut:

$$E = \frac{C_2}{F} \times 100\% \quad (4)$$

dengan E adalah efisiensi ekstraksi (%), C_2 adalah konsentrasi solut dalam fasa organik, dan F adalah konsentrasi umpan untuk ekstraksi.

BAHAN DAN TATA KERJA

Bahan

Konsentrat Nd(OH)₃ hasil olah pasir monasit, larutan HNO₃ teknis, larutan D₂EHPA, larutan kerosen, akuades, bahan LTJ murni untuk standar analisis

Alat

Spektrometer pendar sinar X (Ortec 7010), Pengaduk dan pemanas magnetik (Ika ® Werke), Timbangan (Sartorius 2464), Gelas kimia berbagai ukuran, Labu ukur berbagai ukuran, Botol semprot, Pipet volume, Propipet, Botol kecil ukuran 10 mL Vial, Spex film

TATA KERJA

Variasi Konsentrasi HNO₃

Pembuatan larutan HNO₃ 1, 2, 3, 4, dan 5 M dari larutan HNO₃ D₂EHPA - kerosen 6 % sebanyak 100 mL Pembuatan larutan umpan dilakukan dengan melarutkan masing-masing 20 gram konsentrat Nd(OH)₃ ke dalam 100 mL larutan HNO₃ 1, 2, 3, 4, dan 5 M. Kemudian dianalisis dengan spektrometer pendar sinar X. Memasukkan masing-masing 10 mL larutan umpan dengan berbagai variasi konsentrasi asam, ke dalam lima buah gelas kimia 50 mL. Sebanyak 10 mL larutan D₂EHPA 6 %-kerosen ditambahkan ke dalam larutan tersebut, kemudian diaduk dengan pengaduk magnetik selama 15 menit dengan kecepatan 200 rpm.

Memisahkan fasa air dengan fasa organik hasil ekstraksi untuk tiap konsentrasi, kemudian dimasukkan ke dalam botol. Mengambil 5 mL fasa air dari botol dan dimasukkan ke dalam botol lain untuk selanjutnya dianalisis dengan spektrometer pendar-sinar X. Konsentrasi HNO₃ yang memiliki faktor pisah tertinggi digunakan untuk analisis selanjutnya.

Variasi Konsentrasi Umpan

Sebanyak 3, 4, 6, dan 7 gram konsentrat Nd(OH)₃ dilarutkan ke dalam 25 mL larutan HNO₃ yang mempunyai faktor pisah tertinggi pada variasi konsentrasi HNO₃ untuk masing-masing ekstrak. Pelarutan dilakukan sedikit demi sedikit dengan pengadukan disertai pemanasan. Memasukkan masing-masing 10 mL larutan umpan dengan berbagai variasi konsentrasi umpan ke dalam lima buah gelas

kimia 50 mL. Sebanyak 10 mL larutan D₂EHPA 6 %-kerosen ditambahkan ke dalam larutan tersebut, kemudian diaduk dengan pengaduk magnetik selama 15 menit dengan kecepatan 200 rpm. Umpan yang memiliki faktor pisah tertinggi digunakan untuk analisis selanjutnya.

Variasi Konsentrasi Ekstraktan

Pembuatan larutan D₂EHPA 5, 6, 7, 8 dan 10 % dalam kerosen sebanyak 10 mL. Memasukkan masing-masing 10 mL larutan umpan yang memiliki faktor pisah tertinggi hasil ekstraksi variasi konsentrasi umpan ke dalam lima buah gelas kimia 50 mL. Sebanyak 10 mL larutan D₂EHPA-kerosen dengan berbagai variasi konsentrasi (5, 6, 7, 8 dan 10 %) ditambahkan ditambahkan secara berturut-turut ke dalam masing-masing larutan tersebut, kemudian diaduk dengan pengaduk magnetik selama 15 menit dengan kecepatan 200 rpm. Konsentrasi ekstraktan yang memiliki faktor pisah tertinggi digunakan untuk analisis selanjutnya.

Variasi Waktu Pengadukan

Memasukkan masing-masing 10 mL larutan umpan dengan kondisi ekstraksi D₂EHPA 6 %-kerosen dengan kondisi ekstraksi optimal ditambahkan ke dalam masing-masing larutan tersebut, kemudian diaduk dengan pengaduk magnetik selama 5, 10, 20, dan 25 Waktu pengadukan yang memiliki faktor pisah tertinggi digunakan untuk analisis selanjutnya.

Variasi Kecepatan Pengadukan

Memasukkan masing-masing 10 mL larutan umpan dengan kondisi ekstraksi optimal ke dalam lima buah gelas kimia 25 mL. Sebanyak 10 mL larutan D₂EHPA 6 %-kerosen dengan kondisi ekstraksi optimal ditambahkan ke dalam masing-masing larutan tersebut, kemudian diaduk dengan pengaduk magnetik dengan waktu pengadukan yang memberikan faktor pisah tertinggi dengan kecepatan 100, 150, 250, dan 300 rpm.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Variasi Konsentrasi HNO₃

Harga koefisien distribusi (K_d), faktor pisah (FP), dan efisiensi ekstraksi (%E) disajikan pada Tabel 1.

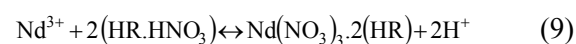
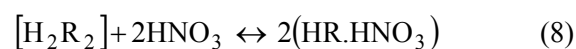
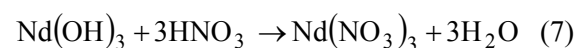
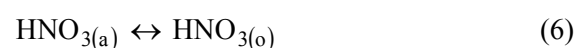
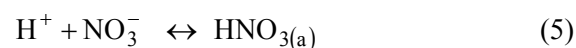
Dilihat dari reaksi yang terjadi maka dengan bertambahnya konsentrasi HNO₃ akan semakin menambah terbentuknya ion H⁺, sehingga reaksi akan bergeser kekiri. Disamping itu adanya HNO₃ berlebih akan mensolvasi D₂EHPA dan menyebabkan penurunan jumlah D₂EHPA untuk bereaksi dengan logam.

Tabel 1. Pengaruh konsentrasi HNO₃
Terhadap K_d dan FP

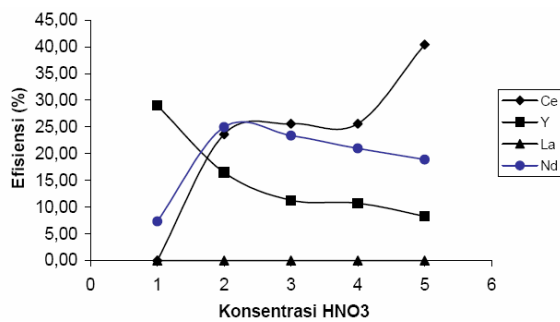
HNO ₃ (M)	Koefisien distribusi (K _d)				Faktor pisah (FP)		
	Ce	Y	La	Nd	Nd-Ce	Nd-Y	Nd-La
1	≈ 0	0,41	≈ 0	0,08	≈ ∞	0,19	≈ ∞
2	0,31	0,20	≈ 0	0,33	1,08	1,68	≈ ∞
3	0,34	0,13	≈ 0	0,31	0,89	2,40	≈ ∞
4	0,34	0,12	≈ 0	0,27	0,77	2,20	≈ ∞
5	0,68	0,09	≈ 0	0,23	0,34	2,56	≈ ∞

(Konsentrasi umpan 5 g/10 mL, volume FA = FO = 10 mL, konsentrasi D₂EHPA-kerosen 6 %, kecepatan pengadukan 200 rpm, waktu pengadukan 15 menit).

Reaksi yang terjadi adalah:



Dengan demikian akan menurunkan laju perpindahan unsur ke fasa organik dan menyebabkan penurunan harga K_d.



Gambar 2. Kurva Hubungan Konsentrasi HNO₃ Dengan Efisiensi Ekstraksi Menggunakan Ekstraktan D₂EHPA-Kerosen

Proses ekstraksi menggunakan ekstraktan D₂EHPA menghasilkan koefisien distribusi dan efisiensi ekstraksi seperti yang tersaji pada Gambar 2 Neodimium akan terekstrak lebih cepat daripada lantanum sehingga menghasilkan nilai koefisien distribusi dan efisiensi ekstraksi yang lebih besar daripada La. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Teramoto, *et al* (1986:238) bahwa logam yang mempunyai nomor atom lebih besar pada unsur lantanida akan terekstrak lebih cepat dengan ekstraktan D₂EHPA. Serium (Ce) mempunyai harga K_d dan efisiensi yang besar karena mempunyai valensi empat sehingga terekstrak lebih banyak dari yang lain, sedangkan Y terekstrak dengan baik karena Y tidak termasuk logam tanah jarang.

Besarnya faktor pisah untuk variasi konsentrasi HNO₃ dengan ekstraktan D₂EHPA-kerosen dapat dilihat pada Tabel 1. Kondisi optimum pemisahan neodimium terjadi pada konsentrasi HNO₃ 5 M dengan faktor pisah sebesar 2,56 untuk Nd-Y, efisiensi ekstraksi Nd = .40,4%.

Variasi Konsentrasi Umpam

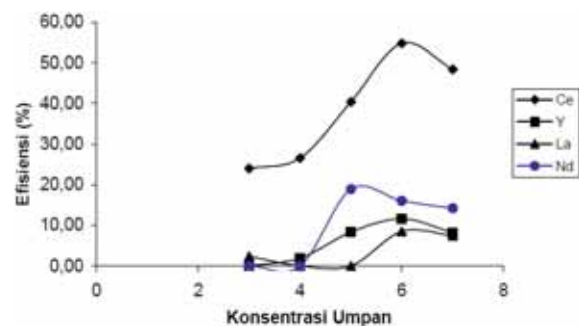
Harga koefisien distribusi (K_d), faktor pisah (FP), dan efisiensi ekstraksi (%E) disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengaruh Konsentrasi Umpam Terhadap K_d dan Faktor Pisah (FP)

Umpam (g/10mL)	Koefisien distribusi (K _d)				Faktor pisah (FP)		
	Ce	Y	La	Nd	Nd-Ce	Nd-Y	Nd-La
3	0,32	≈ 0	0,02	≈ 0	≈ 0	≈ ∞	0
4	0,36	0,02	≈ 0	≈ 0	≈ 0	≈ 0	≈ ∞
5	0,68	0,09	≈ 0	0,23	0,34	2,56	≈ ∞
6	1,21	0,13	0,09	0,19	0,16	1,45	2,05
7	0,94	0,09	0,08	0,17	0,18	1,85	2,06

(Konsentrasi HNO₃ 5 M, volume FA = FO = 10 mL, konsentrasi D₂EHPA kerosen 6 %, kecepatan pengadukan 200 rpm, waktu pengadukan 15 menit).

Pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa kondisi ekstraksi akan cenderung naik seiring kenaikan umpam. Pada konsentrasi umpam 6 g/10mL, cenderung memberikan koefisien distribusi yang paling tinggi, namun pada kondisi tersebut Nd tidak terpisah dengan baik dari pengotor-pengotornya, maka berdasarkan faktor pisahnya yang paling besar diambil konsentrasi umpam yang paling baik adalah 5 g/10mL.



Gambar 3. Kurva Hubungan Konsentrasi Umpam Dengan Efisiensi Ekstraksi.

Setelah melewati konsentrasi umpam 6g/10mL, efisiensi ekstraksi cenderung turun disebabkan fasa air mengalami kejenuhan, sehingga difusi Nd, Y, La, dan Ce ke fasa organik menjadi semakin kecil.

Salah satu faktor yang sangat berpengaruh terhadap kecepatan perpindahan massa dari fasa air (FA) ke fasa organik (FO) adalah besarnya konsentrasi solut dalam umpam. Hal ini dapat dijelaskan dengan hukum Fick (Welty, 2002:7):

$$J_{A,Z} = -D_{AB} \frac{dC_A}{dz} \quad (10)$$

dengan :

- $J_{A,Z}$ = kecepatan transfer massa
 D_{AB} = difusivitas massa
 c = konsentrasi
 z = lebar lapisan antar fasa

Dari persamaan tersebut dapat diketahui bahwa variabel konsentrasi berbanding lurus dengan kecepatan transfer massa, sehingga semakin besar konsentrasi akan semakin besar pula kecepatan perpindahan massa.

Pengambilan kondisi yang baik berdasarkan besarnya faktor pisah antara Nd dengan Y, La, dan Ce. Hasil terbaik diperoleh pada konsentrasi umpan 5 g/10mL untuk faktor pisah (Nd-Y) sebesar 2,56

Variasi Konsentrasi Ekstraktan

Harga koefisien distribusi (K_d), faktor pisah (FP), dan efisiensi ekstraksi (%E) disajikan pada Tabel 3. dan Gambar 4 yaitu kurva hubungan (%E) dengan konsentrasi ekstraktan. Dari Tabel 3 dan Gambar 4 dapat dilihat bahwa semakin besar konsentrasi D_2EHPA maka harga K_d akan semakin meningkat, karena semakin tinggi konsentrasi D_2EHPA maka semakin banyak membentuk kompleks dengan logam. Serium, lantanum dan neodimium memiliki harga K_d yang tinggi pada konsentrasi ekstraktan 10 %, namun tidak memberikan faktor pemisahan yang baik pada konsentrasi tersebut.

Faktor pisah yang optimum diperoleh saat konsentrasi D_2EHPA 6 %, untuk pemisahan (Nd-Y) sebesar 2,56. Pada konsentrasi tersebut Nd terpisah cukup baik dari pengotor-pengotornya terutama itrium.

Tabel 3. Pengaruh Konsentrasi Ekstraktan Terhadap K_d dan FP.

D_2EHPA (%)	Koefisien distribusi (K_d)				Faktor pisah (FP)		
	Ce	Y	La	Nd	Nd-Ce	Nd-Y	Nd-La
2	0,21	0,02	≈ 0	0,05	0,23	2,46	≈ ∞
4	0,24	0,02	≈ 0	0,05	0,19	2,38	≈ ∞
6	0,68	0,09	≈ 0	0,23	0,34	2,56	≈ ∞
8	3,45	0,36	≈ 0	0,41	0,12	1,15	≈ ∞
10	8,34	0,44	≈ 0	0,50	0,06	1,14	≈ ∞

(Konsentrasi HNO_3 5 M, volume FA= FO = 10 mL, konsentrasi umpan 5 g/10mL

kecepatan pengadukan 200 rpm, waktu pengadukan 15 menit).

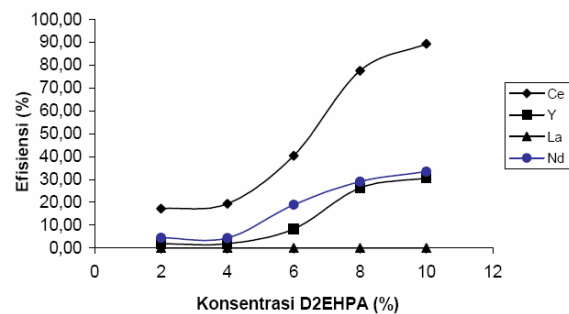
Hal ini dapat dijelaskan melalui persamaan Stokes-Einstein sebagai berikut (Welty, 2002:19):

$$D_{AB} = \frac{k T}{6\pi r\mu_B} \quad (11)$$

dengan :

- D_{AB} = difusivitas dari A di dalam larutan encer dalam B
 k = konstanta Boltzmann
 T = suhu
 R = jari-jari partikel zat terlarut
 μ_B = viskositas pelarut

Dari persamaan tersebut dapat diketahui bahwa difusivitas berbanding terbalik dengan viskositas pelarut, sehingga semakin besar viskositas pelarut maka akan semakin mengalami kesulitan untuk berdifusi dari fasa air ke fasa organik, sehingga menurunkan harga K_d .



Gambar 4. Kurva Hubungan Konsentrasi D_2EHPA Dengan Efisiensi Ekstraksi.

Faktor pisah yang optimum diperoleh saat konsentrasi D_2EHPA 6 %, untuk pemisahan (Nd-Y) sebesar 2,56. Pada konsentrasi tersebut Nd terpisah cukup baik dari pengotor-pengotornya terutama itrium.

Variasi Waktu Pengadukan

Harga koefisien distribusi (K_d), faktor pisah (FP), dan efisiensi ekstraksi (%E) disajikan pada Tabel 4. dan Gambar 5. Perpindahan massa Y, La, Nd, dan Ce dari fasa air ke dalam fasa organik ditentukan oleh nilai konstanta difusinya, sehingga perlu dipelajari pengaruh waktu pengadukan.

Tabel 4. Pengaruh Waktu Pengadukan Terhadap K_d Dan FP.

Waktu (menit)	Koefisien distribusi (K_d)				Faktor pisah (FP)		
	Ce	Y	La	Nd	Nd-Ce	Nd-Y	Nd-La
5	0,35	0,05	≈ 0	0,12	0,34	2,31	≈ ∞
10	0,53	0,10	≈ 0	0,24	0,46	2,56	≈ ∞
15	0,68	0,09	≈ 0	0,23	0,34	2,56	≈ ∞
20	0,85	0,10	≈ 0	0,25	0,30	2,47	≈ ∞
25	0,89	0,09	≈ 0	0,24	0,27	2,66	≈ ∞

(Konsentrasi HNO_3 5 M, volume FA= FO = 10 mL, konsentrasi umpan 5 g/10mL, konsentrasi D_2EHPA 6 %, kecepatan pengadukan 200 rpm).

Waktu pengadukan berpengaruh terhadap kenaikan nilai K_d , waktu kontak antara umpan dengan ekstraktan D_2EHPA dalam kerosen akan mempengaruhi distribusi Y, La, Nd, dan Ce ke dalam fasa organik. Semakin lama waktu kontak antara fasa air dengan fasa organik selama proses ekstraksi maka semakin banyak pula jumlah unsur-unsur yang terikat oleh TBP. Namun pada saat tercapai keadaan setimbang, jumlah unsur-unsur yang terekstrak tidak lagi dipengaruhi oleh waktu.

Pada Gambar 5 dapat dilihat bahwa harga efisiensi ekstraksi Ce akan cenderung naik dengan bertambahnya waktu pengadukan. Dengan bertambahnya waktu pengadukan, reaksi akan semakin sempurna sehingga Ce yang berpindah ke fasa organik semakin banyak. Pada Gambar 5 juga dapat dilihat bahwa untuk unsur Y dan Nd, harga efisiensi ekstraksi akan optimum pada waktu pengadukan 10 menit. Dari harga K_d yang diperoleh, dapat dilihat bahwa unsur yang paling mudah diekstraksi adalah Ce, disusul Nd, dan Y. Sedangkan La lebih sulit terekstrak daripada Nd sehingga La kemungkinan membutuhkan waktu pengadukan yang lebih lama dari Nd.

Waktu pengadukan diperlukan yang cukup untuk terjadinya reaksi dan terbentuknya hasil reaksi, sehingga reaksi dan hasil reaksi yang diperoleh maksimal. Kecepatan reaksi, berkurangnya reaktan, atau bertambahnya hasil reaksi secara matematis dapat dirumuskan:

$$-\frac{d[A]}{dt} = k[A] \quad (12)$$

$$\frac{d[A]}{[A]} = -k \cdot dt \quad (13)$$

$$\int_{[A]_0}^{[A]} \frac{d[A]}{[A]} = - \int_0^t k \cdot dt \quad (14)$$

$$[A] = [A]_0 \cdot e^{-kt} \quad (15)$$

dengan :

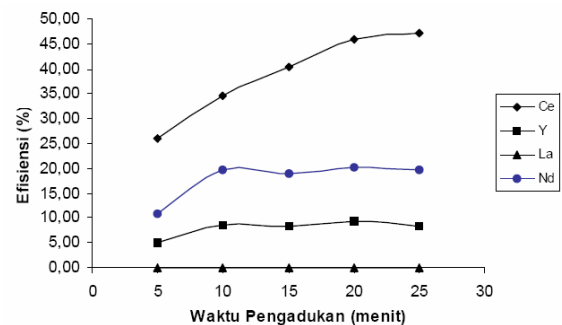
$[A]$ = konsentrasi A sesudah bereaksi.

$[A]_0$ = konsentrasi A mula-mula (sebelum bereaksi)

k = konstanta kecepatan reaksi

t = waktu reaksi.

Bila reaksi yang berlangsung orde satu maka akan diperoleh persamaan $[A] = [A]_0 \cdot e^{-kt}$. Persamaan ini menunjukkan bahwa dalam reaksi orde pertama konsentrasi reaktan akan berkurang secara eksponensial terhadap waktu sedangkan untuk produk akan bertambah.



Gambar 5. Kurva Hubungan Waktu Pengadukan Dengan Efisiensi Ekstraksi

Pengambilan kondisi yang baik berdasarkan besarnya faktor pisah antara Nd dengan Y, La, dan Ce. Hasil terbaik diperoleh pada waktu pengadukan 25 menit untuk pemisahan (Nd-Y) sebesar 2,66.

Kondisi waktu pengadukan yang relatif baik dipilih pada waktu ekstraksi 15 menit. Pemilihan ini berdasarkan bahwa pada waktu tersebut telah memberikan kualitas pemisahan yang cukup baik, hal ini ditunjukkan oleh nilai faktor pisah untuk (Nd-Y) sebesar 2,66. Pada Gambar 5, Nd memberikan efisiensi yang tinggi pada waktu pengadukan 10 menit, namun memberikan faktor pisah yang relatif baik pada waktu pengadukan 25 menit.

Variasi Kecepatan Pengadukan

Harga koefisien distribusi (K_d) dan faktor pisah (FP disajikan pada Tabel 5. Terjadinya perpindahan massa dari fasa air ke fasa organik disebabkan, karena reaksi kimia dan difusi. Antara fasa air dan fasa organik terjadi lapisan antar muka dengan ketebalan imajiner tertentu yang merupakan hambatan laju perpindahan massa dari fasa air ke fasa organik atau sebaliknya. Besarnya tebal lapisan tipis antar muka ini tergantung kecepatan pengadukan.

Semakin cepat pengadukan, tebal lapisan untuk terjadinya perpindahan massa semakin tipis. Ketebalan lapisan ini dapat diperkecil dengan bertambahnya intensitas pengadukan. Harga K_d akan bertambah besar dengan kenaikan kecepatan pengadukan, karena intensitas terjadinya tumbukan antara reaktan semakin banyak dan semakin cepat. Dengan pengadukan yang semakin cepat, tebal lapisan yang menghambat terjadinya perpindahan massa karena difusi semakin kecil, tetapi kalau intensitas pengadukan semakin ditingkatkan, tebal lapisan yang menghambat terjadinya difusi sudah sangat tipis dan hampir tidak punya hambatan lagi karena sudah tidak mempengaruhi perpindahan massa lagi. Kondisi optimum yang dipilih berdasarkan harga faktor pisah terbesar yaitu pada kecepatan 200 rpm.

Tabel 5. Pengaruh Kecepatan Pengadukan Terhadap K_d , dan FP

Kec. (rpm)	Koefisien distribusi (K_d)				Faktor pisah (FP)		
	Ce	Y	La	Nd	Nd-Ce	Nd-Y	Nd-La
100	≈ 0	0,13	≈ 0	0,19	≈ ∞	1,48	≈ ∞
150	0,88	0,13	≈ 0	0,18	0,20	1,37	≈ ∞
200	0,89	0,09	≈ 0	0,24	0,27	2,56	≈ ∞
250	0,80	0,14	≈ 0	0,17	0,22	1,27	≈ ∞
300	0,81	0,22	≈ 0	0,31	0,38	1,40	≈ ∞

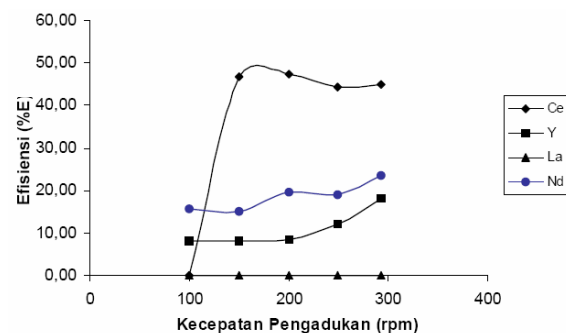
(Konsentrasi HNO_3 5 M, volume FA=FO = 10 mL, konsentrasi umpan 5 g/10mL, konsentrasi D_2EHPA 6 %, waktu pengadukan 25 menit).

Proses ekstraksi juga merupakan peristiwa perpindahan massa dari dua cairan yang tidak saling larut, sehingga jika tidak dibantu oleh tenaga dari luar berupa pengadukan, maka perpindahan massa dari kedua cairan tersebut akan sangat lambat. Proses pengadukan ini akan membantu

pencampuran fasa air dan fasa organik dimana proses pengadukan akan menebarkan solut ke dalam larutan fasa organik sehingga terjadi kontak antar fasa. Peristiwa ini akan meningkatkan perpindahan massa solut dari umpan ke dalam larutan fasa organik.

Pada Tabel 5 dan Gambar 6 menunjukkan adanya kecenderungan kenaikan harga K_d dan efisiensi seiring kenaikan kecepatan pengadukan untuk Y. Jadi untuk Y semakin besar kecepatan pengadukan, hasil ekstraksi yang diperoleh juga semakin banyak. Sedangkan untuk Nd kecepatan pengadukan yang memberikan harga K_d yang optimum terjadi pada kecepatan 200 rpm. Kondisi pemisahan yang relatif baik dipilih pada kecepatan pengadukan 200 rpm, karena pada kondisi tersebut telah memberikan faktor pisah untuk (Nd-Y) sebesar 2,56.

Parameter kecepatan pengadukan penting dilakukan untuk mengetahui kecepatan yang optimum. Dilihat dari sisi difusi, laju difusi = $D_A \frac{\partial^2 C_A}{\partial z^2}$, dimana z adalah jarak atau lebar yang ditempuh oleh unsur atau senyawa yang akan mendifusi dari fasa organik atau sebaliknya. Semakin lebar z difusi semakin lambat, untuk memperpendek z dilakukan pengadukan yang semakin cepat.



Gambar 6. Kurva Hubungan Kecepatan Pengadukan Dengan Efisiensi Ekstraksi

Dilihat dari sisi reaksi kimia, $k [A] = -d \frac{[A]}{dt}$, dengan k = konstanta kecepatan reaksi, yang harganya menurut Arrhenius,

$$k = A e^{-E/RT}$$

dengan :

- A = luas tumbukan
- E = energi aktivasi
- T = suhu
- R = tetapan gas ideal

Semakin cepat pengadukan reaksi akan semakin sempurna karena luas tumbukan juga akan semakin besar.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian optimasi proses ekstraksi neodimium dari konsentrat $\text{Nd}(\text{OH})_3$ hasil olah pasir monasit dengan ekstraktan D_2EHPA , diperoleh kesimpulan sebagai berikut: konsentrasi HNO_3 yang optimum 5 M, konsentrasi umpan 5 gram/10 mL, konsentrasi D_2EHPA dalam kerosen 6 %, waktu pengadukan yang optimum 25 menit, kecepatan pengadukan 200 rpm. Pada kondisi ini diperoleh $K_d \text{ Nd} = 0,24$; efisiensi ekstraksi $\text{Nd} = 19,60 \%$; $\text{FP Nd-La} = \approx \infty$; $\text{FP Nd-Ce} = 0,27$ dan $\text{FP Nd-Y} = 2,66$

DAFTAR PUSTAKA

1. DAINITITH JOHN (ed). 1999, *Kamus Lengkap Kimia*. Terjemahan Suminar Achmadi, Erlangga., Jakarta:, hal. 293.
2. <http://www.lenntech.com/Periodic-chart-elements/Nd-en.htm>, 09-03-2007, 10:12.
3. NESBITT, E.A, and WERNICK, J.H, 1973, *Rare Earth Permanent Magnets*. New York: Academic Press.
4. PRAKASH SATYA, 1975, *Advanced Chemistry of Rare Elements*. 4th edition. Ram Nagar, New Delhi: S. Chand and Co, PVT.
5. HANSON, C, 1971, *Reaction Advances in Liquid-Liquid Extraction*. First Edition. England: Pergamon Press.
6. KHOPKAR, S.M, 1990, *Konsep Dasar Kimia Analisis*. Terjemahan A.Saptorahardjo. Jakarta: UI-Press.
7. TERAMOTO, et al. 1986, Extraction of Lanthanoids by Liquid Surfactant Membranes. *Separation Science and Technology*. Japan: Marcel, Dekker. Inc.hal:230, 1986
8. WELTY, R. JAMES; WICKS, E. CHARLES, WILSON, E. ROBERT; RORRER GREGORY, 2004, *Dasar-Dasar Fenomena Transport*. Volume 3. Edisi Ke-4. Terjemahan Gunawan Prasetyo. Jakarta: Erlangga.
9. SOEBAGIO, ENDANG BUDIASIH, M.SADIQ IBNU, HAYUNI RETNO WIDARTI, MUNZIL, 2003, *Kimia Analitik II*. Malang: IMSTEP JICA UNM. 2000:34
10. CUTHBERT, 1958, F.L. *Thorium Production Technology.*, Massachusetts, U.S.A: Addison-Wesley Publishing Company. INC.hal 122.
11. PRESTON, J.S; 1992, "Solvent-Extraction Processes For Separation of The Rare-Earth Metals", South Africa: Elsevier Science Publishers B.V. Du Prees
12. LADDA, G.S;. 1976, *Transport Phenomena in Liquid Extraction*. New York: Mc-Graw Hill Publishing, Co., LTD. Hal 20 (). Degallesan, T.N
13. ATKINS, P.W, 1997, *Kimia Fisika*. Edisi Ke-4. Jilid 2. Terjemahan Irma I, Kartohadiprojo. Jakarta: Erlangga.

