

Selektifitas Transpor Lantanum Dari Mineral Monasit Dengan Teknik *Supported Liquid Membrane*

Djabal Nur Basir*

Jurusan Kimia FMIPA, Universitas Hasanuddin

Abstrak. Telah dipelajari selektifitas transpor lantanum dari mineral monasit dengan teknik *supported liquid membrane*, SLM. Fasa membran digunakan membran pendukung PTFE (politetrafluoroetilen) yang direndam pada campuran carrier TBP (tributilfosfat) dan D2EHPA (asam di-2-etilheksilfosfat) dengan perbandingan konsentrasi tertentu dalam pelarut kerosen. Pemantauan konsentrasi unsur tanah jarang total dari waktu ke waktu dilakukan dengan metode spektrofotometri UV-Vis yang menggunakan NAS (natrium alizarin sulfonat) sebagai pewarna, pengukuran dilakukan pada panjang gelombang maksimum larutan simulasi unsur tanah jarang 534 nm. Penentuan konsentrasi masing-masing unsur tanah jarang tersebut dilakukan dengan metode ICP-AES, pada panjang gelombang emisi masing-masing unsur : Ce pada 418,66 nm; La pada 408,316 nm; Nd pada 401,225 nm; Gd pada 342,247 nm; dan Lu pada 261,542 nm. Kondisi optimum selektifitas transpor lantanum melalui SLM adalah pH fasa umpan 3,0; carrier TBP:D2EHPA (0,3:0,7) M; dan fasa penerima HCl 3,0 M. Pada kondisi ini faktor pemisahan unsur La terhadap Nd, Gd, Lu : $\alpha_{La,Nd}$ 5,0297; $\alpha_{La,Gd}$ 8,1935; $\alpha_{La,Lu}$ 11,9529. Penerapan kondisi optimum pada mineral monasit diperoleh kadar kemurnian lantanum yang berhasil ditingkatkan dari 25,08% pada proses sebelum SLM menjadi 89,84 % sesudah proses SLM, dengan % recovery adalah 84,15%.

Kata kunci: *supported liquid membrane, carrier, politetrafluoroetilen, tributilfosfat, asam di-2-etilheksilfosfat.*

Abstract. Transport selectivity of lanthanum from monazite mineral by supported liquid membrane, SLM technique has been studied. The supporting membrane, PTFE (polytetrafluoroethylene) was activated by immersing in a mixture of TBP (tributylphosphate) and D2EHPA (di-2-ethylhexyl phosphoric acid) at the composition of concentration in kerosene as carrier. Determination of the REE's total concentration was carried out by visible spectrophotometric with NAS (sodium alizarin sulfonat) as the colouring agent, absorbance of the solution was determined at 534 nm as maximum wavelength. For the determination of REE's specific concentration an ICP-AES has been adopted, at emission maximum wavelength in each specific of REE's, e.g : Ce at 418.66 nm, La at 408.316 nm, Nd at 401.225 nm, Gd at 342.247 nm, and Lu at 261.542 nm. Transport selectivity of lanthanum through SLM in a mixture of the REE's simulation by optimum condition were pH of feed phase was 3.0, concentration of carrier composition (TBP : D2EHPA) was (0.3 : 0.7) M, and concentration of chloride acid of the receiving phase was 3.0 M. In this condition, separation factor of La toward Nd, Gd, and Lu : $\alpha_{La,Nd}$ 5.0297, $\alpha_{La,Gd}$ 8.1935, $\alpha_{La,Lu}$ 11.9529. Transport selectivity of lanthanum from monazite mineral through SLM at optimum condition have been resulted lanthanum with the purity rate of increase from 25.08% to 89.84%, with recovery was 84.15%.

Keywords : *supported liquid membrane, carrier, polytetrafluoroethylene, tributylphosphate, di-2-ethylhexyl phosphoric acid.*

*Alamat korespondensi: djabal_uh@yahoo.com

Pendahuluan

Monasit adalah mineral unsur tanah jarang potensial yang merupakan salah satu mineral ikutan pada pengolahan timah yang belum diolah lebih lanjut menjadi bahan yang mempunyai nilai ekonomis tinggi. Unsur tanah jarang (Rare Earth Elements, REE's), kini banyak digunakan sebagai bahan penunjang pada pembuatan barang-barang inovatif berteknologi tinggi. Unsur-unsur ini dalam susunan berkala termasuk golongan III periode 6 dari nomor atom 57 (La) sampai nomor atom 71 (Lu) beserta skandium (Sc) dengan nomor atom 21 dan ytterium (Y) dengan nomor atom 39, yang semuanya menunjukkan sifat-sifat fisik dan kimia yang hampir sama. Sifat istimewa yang disebabkan oleh konfigurasi elektronnya, yang mempengaruhi tidak saja tingkat valensinya dan menyebabkan pengerutan (Lanthanide Contraction), tetapi juga sifat paramagnetik, warna dan keaktifannya [1]. Kelompok unsur ini sering disebut "Deret Lantanida (Lanthanide series)". Unsur lantanida terdiri dari 15 unsur terbagi menjadi 3 kelompok yaitu lantanida ringan (La, Ce, Pr, Nd), sedang (Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy), dan berat (Ho, Er, Tm, Yb, Lu).

Lantanum merupakan unsur utama dalam deretan ini dengan nomor atom 57 dan termasuk dalam golongan unsur tanah jarang ringan. Di alam lantanum terdapat dalam mineral monasit, xenotim, serit, alanit/artit, eukolit, melanoserit, samarit, fergusomit, lantanit, kordilit dalam bentuk oksidanya [2]. Di Indonesia hanya mineral monasit, dan xenotim yang ditemukan mengandung lantanum sebagai produk samping pertambangan timah [3]. Unsur lantanum ini banyak sekali kegunaannya antara lain adalah digunakan sebagai katalis pada cracking minyak bumi dan polimerisasi, optik kualitas tinggi, baterai La-Ni dan kapasitor keramik, dll.

Pemisahan dan pemurnian unsur tanah jarang sampai saat ini masih sulit

dilakukan. Hal ini disebabkan unsur-unsur tanah jarang mempunyai sifat-sifat kimia dan fisika yang mirip. Penelitian dan pengembangan teknik ekstraksi dan pemisahan unsur-unsur tanah jarang masih perlu dilakukan, karena sampai saat ini belum ada metode pemisahan yang efisien untuk unsur-unsur tersebut. Masalah ini perlu ditangani dengan serius karena kebutuhan terhadap unsur-unsur tanah jarang terus meningkat baik jumlah maupun kualitasnya. Di sisi lain Indonesia punya potensi untuk menghasilkan bahan-bahan tersebut, mengingat mineral yang mengandung unsur tanah jarang ini banyak dijumpai di beberapa pulau antara lain Bangka, Belitung, dan Singkep.

Metode yang memberikan prospek terbaik untuk pemisahan dan pemurnian unsur tanah jarang saat ini adalah metode yang dikembangkan dari metode ekstraksi pelarut, yaitu dengan cara mengamobilkan zat pengekstraksi (carrier) pada suatu membran polimer berpori [4]. Dimana dengan cara ini selain selektifitas transpor meningkat, juga jumlah pengekstraksi yang diperlukan menjadi sangat sedikit (kurang dari 1% dari yang diperlukan pada ekstraksi pelarut biasa). Teknik ini dikenal dengan teknik membran cair berpendukung (*Supported Liquid Membrane, SLM*).

Kinerja teknik SLM ditentukan oleh dua faktor, yaitu fluks transpor dan selektifitas. Besarnya fluks transpor erat kaitannya dengan waktu proses yang diperlukan, sedangkan selektifitas sangat menentukan pada pemisahan atau pemurnian produk. Sehingga carrier campuran TBP dan D2EHPA menunjukkan efek sinergis terhadap unsur tanah jarang melalui SLM, sedangkan selektifitas transpor dari carrier ada hubungannya dengan komposisi carrier tersebut dalam fasa membran [5,6].

Kedua ukuran kinerja SLM bergantung pada sistem SLM yang digunakan. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kinerja SLM, antara lain

adalah pemilihan carrier, pH larutan umpan, konsentrasi umpan, dan konsentrasi asam pada fasa penerima. Selain itu parameter fisik seperti kecepatan pengadukan juga cukup berpengaruh terhadap transpor suatu komponen melalui SLM. Apabila faktor-faktor tersebut dapat dioptimasi dengan tepat, maka teknik ini akan menjadi suatu teknik ekstraksi dan pemindahan yang handal.

Selektifitas membran didasarkan pada perbandingan koefisien distribusi komponen antara fasa umpan dan fasa membran [7,8]. Adanya perbedaan konsentrasi menyebabkan zat terlarut (misalnya ion unsur tanah jarang) berdifusi dari larutan konsentrasi lebih tinggi ke yang lebih rendah. Jika komponen-komponen tersebut memiliki kelarutan dan difusitas yang tidak jauh berbeda, maka selektifitas akan rendah dan sebaliknya. Selektifitas yang lebih tinggi dapat dicapai dengan penambahan carrier (yang memiliki afinitas lebih tinggi terhadap salah satu komponen di fasa umpan).

Metode Penelitian

Untuk mengetahui pola transpor dari campuran unsur tanah jarang seperti La, Nd, Gd, Lu, dibuat larutan umpan simulasi dengan cara menimbang sejumlah tertentu garam nitrat atau senyawa oksida yang memiliki kualitas pro analisis (p.a) yang diproduksi oleh E.Merck dari masing-masing unsur tanah jarang tersebut, sehingga diperoleh komposisi unsur La 120 ppm dari senyawa La_2O_3 , unsur Nd 16 ppm dari senyawa $\text{Nd}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, unsur Gd 2 ppm dari senyawa Gd_2O_3 , dan unsur Lu 0,4 ppm dari senyawa Lu_2O_3 sebagai fasa umpan. Pada fasa membran digunakan membran pendukung PTFE (politetrafluoroetilen) berdiameter 47 mm, ukuran pori $0,5 \mu\text{m}$, dengan luas efektif $9,1 \text{ cm}^2$. Selanjutnya membran tersebut direndam selama 60 menit pada campuran

senyawa carrier (TBP : D2EHPA) dengan perbandingan konsentrasi : (0,1 : 0,9) M, (0,2 : 0,8) M, (0,25 : 0,75) M, (0,3 : 0,7) M, (0,4 : 0,6) M, (0,5 : 0,5) M, (0,6 : 0,4) M, (0,7 : 0,3) M, (0,8 : 0,2) M, dan (0,9 : 0,1) M dalam pelarut kerosen. Sedang fasa penerima digunakan HCl dengan konsentrasi tertentu.

Proses transpor larutan umpan simulasi unsur tanah jarang ini dilakukan pada pengadukan 700 rpm selama 300 menit dengan memvariasikan konsentrasi carrier (TBP : D2EHPA), pH larutan umpan, dan konsentrasi HCl sebagai fasa penerima untuk menentukan kondisi optimum transpor lantanum (La) dari mineral monasit.

Penerapan teknik *supported liquid membrane*, SLM digunakan pada pemisahan lantanum dari unsur tanah jarang lain dari hasil pelindian mineral monasit.

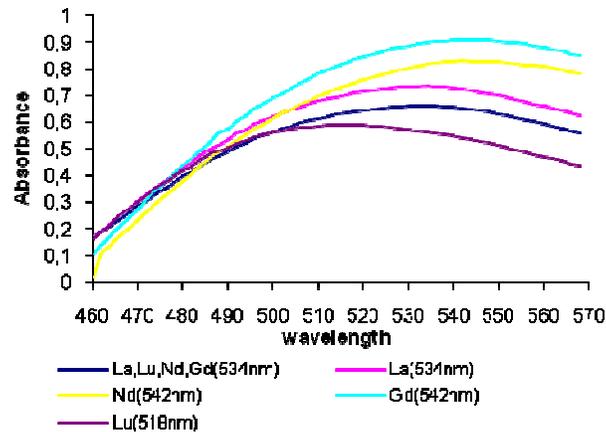
Untuk penentuan konsentrasi unsur tanah jarang total dilakukan secara spektrometri UV-Vis [9], dengan metode kompleks Na-Alizarin Sulfonat (NAS) dimana 1 ml larutan unsur tanah jarang ditambahkan 1 tetes indikator phenol merah 1% dalam labu takar 10 ml, selanjutnya ditetesi dengan larutan NaOH 0,1 M hingga warna larutan merah. Campuran tersebut ditetesi larutan HCl 0,1 M hingga larutan berubah menjadi kuning. Tahap selanjutnya menambahkan 1 ml buffer asetat 2 M dan 1 ml NAS 0,1% sambil dikocok, dan akhirnya ditandabatkan dengan aqua-DM. Untuk penentuan konsentrasi masing-masing unsur tanah jarang tersebut, baik dalam larutan simulasi maupun hasil pelindian mineral monasit dilakukan dengan metode ICP-AES [10].

Hasil dan Pembahasan

Spektra absorpsi kompleks unsur tanah jarang La, Nd, Gd, dan Lu dengan

alizarin sulfonat ditunjukkan pada gambar 1. Kompleks-kompleks tersebut memberikan λ_{maks} untuk unsur La 534 nm; Nd 542 nm; Gd 542 nm, Lu 518 nm, Sedang untuk campuran simulasi ke-4 unsur tersebut diperoleh λ_{maks} 534 nm. Nilai

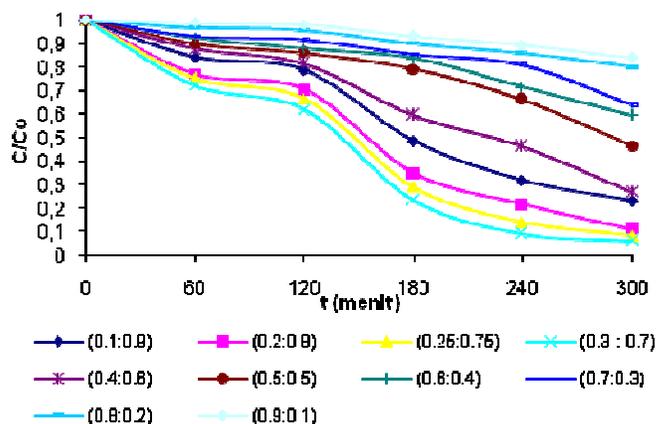
koefisien ekstingsi molar masing-masing unsur adalah ϵ_{La} 6378 $M^{-1}cm^{-1}$; ϵ_{Nd} 7403 $M^{-1}cm^{-1}$; ϵ_{Gd} 8861 $M^{-1}cm^{-1}$; dan ϵ_{Lu} 6144 $M^{-1}cm^{-1}$.



Gambar 1. Kurva λ_{maks} kompleks unsur tanah jarang (UTJ) : La, Nd, Gd, Lu, dan simulasi campuran ke-4 UTJ dengan alizarin pada konsentrasi 16 ppm yang diukur dengan alat Diode Array Spectrophotometer HP 8452 A.

Berdasarkan hal itu maka metode penentuan konsentrasi unsur tanah jarang dengan kompleks alizarin ini hanya dapat digunakan untuk penentuan konsentrasi unsur tanah jarang total tercampur atau tunggal saja. Pola transpor unsur tanah jarang tercampur (La,Nd,Gd,Lu) sangat dipengaruhi oleh jenis *carrier* (senyawa pengemban). Pada penelitian ini digunakan *carrier* campuran D2EHPA (asam di-2-etilheksilfosfat) sebagai ligan anionik dan TBP (tributilfosfat) sebagai ligan netral.

Pola transpor unsur tanah jarang total tercampur pada variasi konsentrasi komposisi *carrier* (TBP : D2EHPA) selama 300 menit ditunjukkan pada gambar 2. Berdasarkan gambar tersebut, terlihat secara umum bahwa konsentrasi unsur tanah jarang total di fasa umpan cenderung berkurang seiring dengan lamanya waktu ekstraksi pada pengadukan 700 rpm.

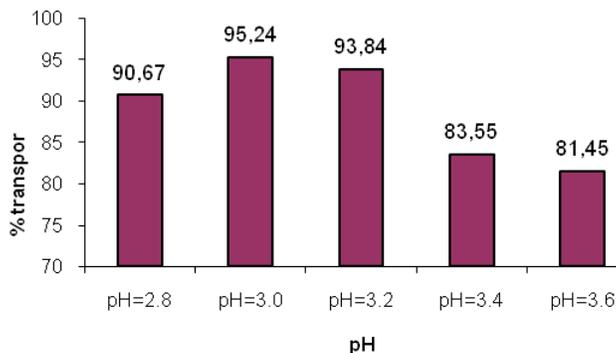


Gambar 2. Pola transpor simulasi campuran UTJ (La,Nd,Gd,Lu) di fasa umpan dengan variasi konsentrasi komposisi *Carrier* (TBP : D2EHPA) pada pH fasa umpan 3,2 dan konsentrasi fasa penerima HCl 3,0 M.

Pengaruh pH fasa umpan dan konsentrasi fasa penerima HCl sangat signifikan terhadap transpor unsur tanah jarang total melalui membran, dimana akan meningkatkan persen transpor dan permeabilitas transpor unsur tanah jarang tersebut. Faktor pengaruh pH fasa umpan dan konsentrasi fasa penerima HCl ini didasarkan bahwa transpor unsur tanah jarang melalui membran dengan campuran senyawa *carrier* (TBP : D2EHPA) merupakan transpor aktif dengan mekanisme transpor tanding (counter transpor), dimana terjadi reaksi pertukaran antara ion H^+ dengan ion logam yang ditranspor. Pada antar muka fasa umpan-membran terjadi reaksi pertukaran antara ion logam dengan ion H^+ yang terikat pada senyawa *carrier*. Pada antar muka fasa membran-penerima terjadi reaksi pertukaran antara ion H^+ dari fasa penerima dengan ion logam yang terikat pada senyawa *carrier*,

olehnya ion logam dilepaskan ke dalam fasa penerima sedang senyawa *carrier* kembali ke bentuk asamnya dan bereaksi dengan ion logam berikutnya. Gaya dorong yang terjadi dalam proses ini adalah perbedaan pH (gradien konsentrasi proton) atau perbedaan potensial kimia antara fasa umpan dengan fasa penerima.

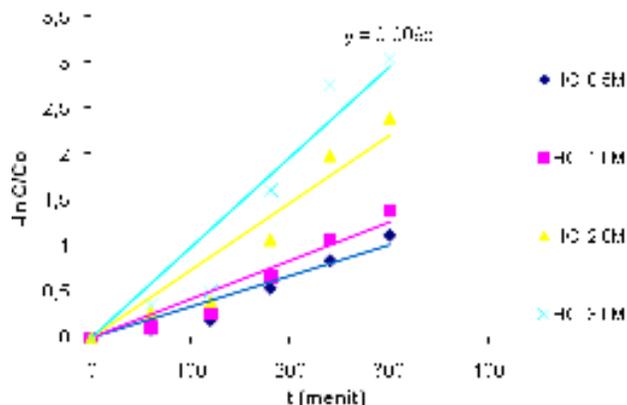
Besarnya persen transpor unsur tanah jarang total pada variasi pH fasa umpan ditunjukkan pada gambar 3, dimana persen transpor adalah selisih konsentrasi awal unsur tanah jarang total dengan konsentrasi akhir unsur tanah jarang total yang kemudian dibagi dengan konsentrasi awal tersebut dalam 100%. Besarnya permeabilitas transpor unsur tanah jarang total pada variasi konsentrasi fasa penerima HCl didasarkan oleh kurva $-\ln C/C_0$ terhadap t (menit) yang ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 3. Persen transpor unsur tanah jarang di fasa penerima dengan variasi pH fasa umpan pada carrier TBP : D2EHPA (0,3 : 0,7) M dan konsentrasi fasa penerima HCl 3,0 M.

Berdasarkan gambar 3 tersebut diperoleh persen transpor unsur tanah jarang terbesar pada pH fasa umpan 3,0; carrier TBP : D2EHPA (0,3 : 0,7) M, dan konsentrasi fasa penerima HCl 3,0 M adalah 95,24%. Dari gambar 4, diperoleh nilai

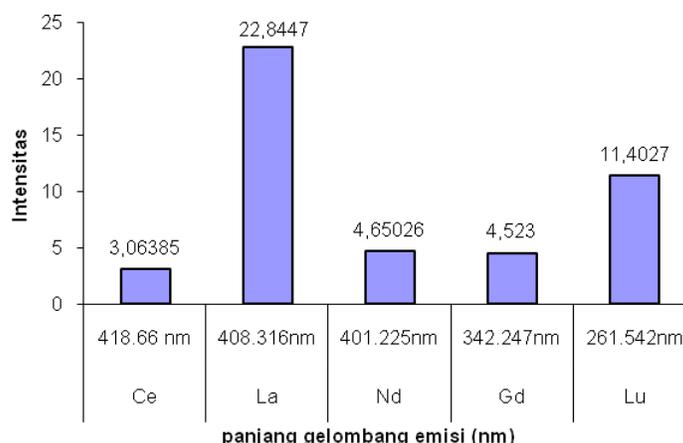
slope yang optimum pada konsentrasi fasa penerima HCl 3,0 M, pH fasa umpan 3,0; carrier TBP : D2EHPA (0,3 : 0,7) M adalah 0,0098; sehingga nilai permeabilitas membran transpor (P) unsur tanah jarang total adalah 0,1077 cm/menit.



Gambar 4. Kurva $-\ln C/Co$ terhadap t (menit) di fasa umpan dengan variasi konsentrasi fasa penerima HCl pada pH fasa umpan 3,0 M dan carrier TBP : D2EHPA (0,3 : 0,7) M.

Pada penentuan konsentrasi masing-masing unsur tanah jarang spesifik La, Nd, Gd, dan Lu pada unsur tanah jarang tercampur atau % komposisi masing-masing

unsur tanah jarang tersebut dilakukan dengan metode *inductively coupled plasma atomic emission spectrohotometry*, ICP-AES.



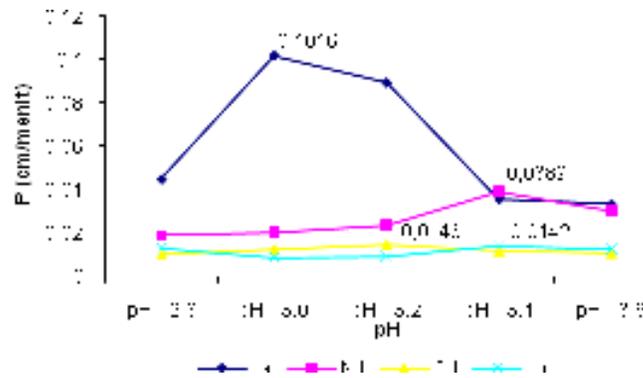
Gambar 5. Diagram emisi masing- masing unsur tanah jarang Ce, La, Nd, Gd, dan Lu pada konsentrasi 8 ppm dengan alat ICP-AES Shimadzu AS-6.

Pembacaan intensitas emisi dari masing-masing unsur dilakukan pada panjang gelombang emisi optimumnya yaitu : 408,316 nm untuk unsur La; 401,225 nm untuk unsur Nd; 342,247 nm untuk unsur Gd; 261,542 nm untuk unsur Lu; dan 418,660 nm untuk unsur Ce, hal ini ditunjukkan pada gambar 5.

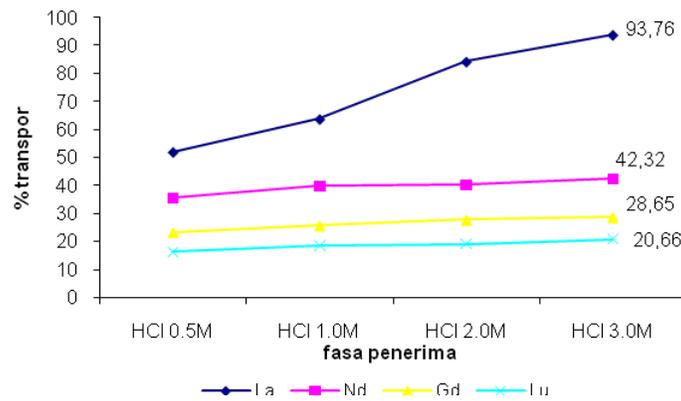
Dari hasil pengukuran dengan alat ICP-AES yang dikalibrasikan dengan kurva standar masing-masing unsur tersebut, diperoleh konsentrasi awal (C_0) masing-masing unsur tanah jarang simulasi adalah unsur La 120,527 ppm; Nd 16,258 ppm; Gd 2,436 ppm; dan Lu 0,432 ppm. Sedangkan konsentrasi unsur tanah jarang simulasi yang tertransportasi setelah 300 menit di fasa penerima pada kondisi optimum yang selektif untuk pemungutan lantanum : pH fasa umpan 3,0; campuran carrier TBP :

D2EHPA (0,3 : 0,7) M, fasa penerima HCl 3,0 M, masing-masing adalah unsur La 113,0073 ppm; Nd 6,8804 ppm; Gd 0,6979 ppm; dan Lu 0,0893 ppm.

Selanjutnya berdasarkan hasil pengukuran tersebut, maka diperoleh nilai permeabilitas membran transpor (P) dan persen transpor masing-masing unsur tanah jarang tersebut. Nilai permeabilitas transpor (P) dan persen transpor yang optimum untuk unsur lantanum diperoleh pada kondisi : pH fasa umpan 3,0; campuran carrier TBP : D2EHPA (0,3 : 0,7) M; dan konsentrasi fasa penerima HCl 3,0 M adalah 0,1016 cm/menit yang ditunjukkan pada gambar 6, dengan persen transpor adalah 93,76% yang ditunjukkan pada gambar 7.



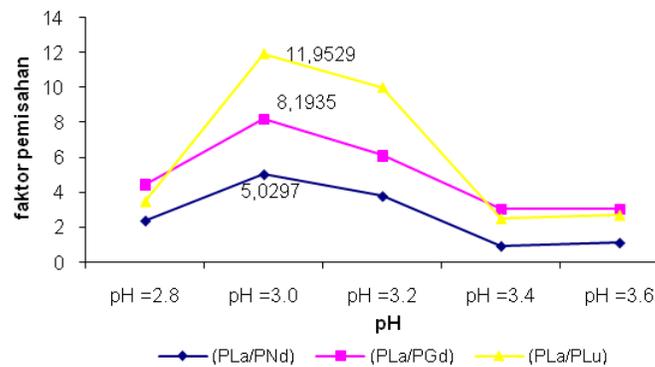
Gambar 6. Permeabilitas membran transpor masing-masing unsur La, Nd, Gd, Lu dengan variasi pH fasa umpan pada *Carrier* TBP : D2EHPA (0,3 : 0,7) M dan konsentrasi fasa penerima HCl 3,0 M.



Gambar 7. Persen transpor masing-masing unsur La, Nd, Gd, Lu dengan variasi konsentrasi fasa penerima HCl pada pH fasa umpan 3,0 dan *carrier* TBP : D2EHPA (0,3 : 0,7) M.

Selektifitas transpor unsur tanah jarang yang satu terhadap unsur tanah jarang lainnya sangat tergantung pada faktor pemisahan, α antara unsur yang akan dipisahkan dari unsur lainnya. Faktor

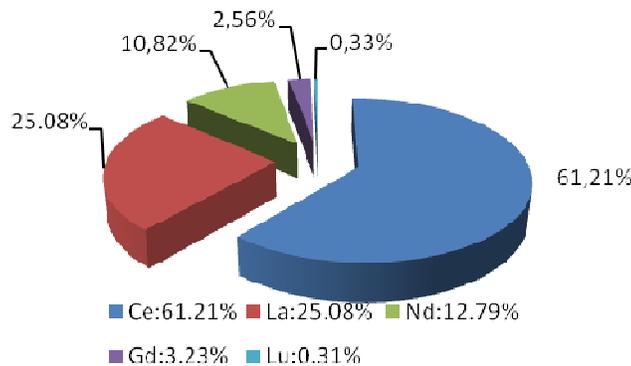
pemisahan, α adalah angka banding nilai permeabilitas membran transpor (P) unsur tanah jarang yang akan dipisahkan terhadap unsur tanah jarang lainnya.



Gambar 8. Faktor pemisahan unsur La terhadap unsur Nd, Gd, dan Lu dengan variasi pH fasa umpan pada *carrier* TBP:D2EHPA (0,3 : 0,7) M dan konsentrasi fasa penerima HCl 3,0 M.

Pada penelitian ini diperoleh nilai optimum faktor pemisahan, α unsur lantanum (La) terhadap unsur Nd, Gd, dan Lu pada pH fasa umpan 3,0; *carrier* TBP : D2EHPA (0,3 : 0,7) M; konsentrasi fasa

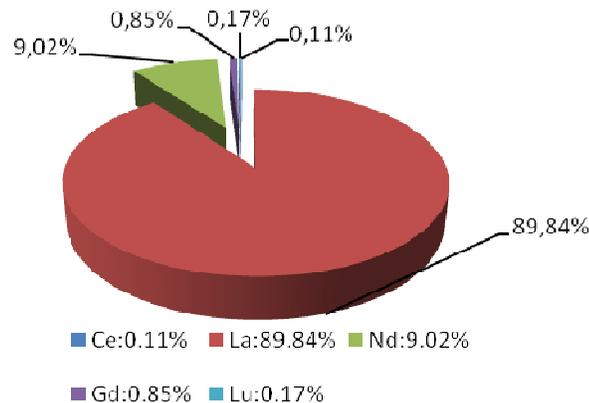
penerima HCl 3.0 M masing-masing : $\alpha_{La,Nd}$ adalah 5,0297; $\alpha_{La,Gd}$ adalah 8,1935; dan $\alpha_{La,Lu}$ adalah 11,9529, yang ditunjukkan pada gambar 8.



Gambar 9. Kadar kemurnian (%) masing-masing UTJ dalam mineral monasit sebelum proses SLM.

Selanjutnya dilakukan tahapan transpor unsur-unsur tanah jarang dalam mineral monasit dengan penerapan kondisi optimum tersebut diatas, diperoleh % transpor adalah 92,44% dengan kadar kemurnian lantanum dalam mineral monasit

berhasil ditingkatkan dari 25,08% sebelum proses SLM ditunjukkan gambar 9, menjadi 73,58% (transpor yang ke-1) dan menjadi 89,84% (transpor yang ke-2) yang ditunjukkan gambar 10, dengan persen *recovery* adalah 84,15%.



Gambar 10. Kadar kemurnian (%) masing-masing UTJ dalam mineral monasit sesudah proses SLM.

Kesimpulan

Kondisi optimum selektifitas transpor lantanum (La) pada pengadukan 700 rpm adalah : pH fasa umpan 3.0, campuran *carrier* TBP : D2EHPA (0,3 : 0,7) M, dan konsentrasi fasa penerima HCl 3,0 M. Pada kondisi ini diperoleh faktor pemisahan unsur La terhadap unsur Nd, Gd, Lu masing-masing : $\alpha_{La,Nd}$ adalah 5,0297; $\alpha_{La,Gd}$ adalah 8,1935; dan $\alpha_{La,Lu}$ adalah 11,9529.

Penerapan kondisi optimum tersebut dalam mineral Monasit, diperoleh kadar kemurnian lantanum (La) yang berhasil ditingkatkan dari 25,08% pada sebelum proses SLM menjadi 89,84% sesudah proses SLM, dengan % *recovery* adalah 84,15%.

Daftar Acuan

- Henderson, P., 1984, *Development in Geochemistry*, Rare Earth Element Geochemistry, Elseiver, New York. [1]
- Suprianto, R., 1996, *Ekstraksi Lantanum (III) dengan Teknik Membran Cair Berpendukung*, Tesis, Institut Teknologi Bandung. [2]
- Setiawan B., and Umi Kuntjara, 1996, *Potensial of Rare Earth Mineral Resources in Indonesia*, Proceeding of Seminar Geology and Evaluation of Kurako and Rare Earth Mineral Resources of Indonesian, 5.1-5.1.5. [3]
- Rumhayati, B., *Transpor Lantanum melalui Membran Cair Berpendukung Ganda*, Tesis, Institut Teknologi Bandung (2000). [4]
- Buchari dan Sulaeman, A., 1998, *Efek Sinergis Campuran D2EHPA-TBP dan D2EHPA-TOPO Sebagai Pengembangan Pada Pemisahan Cerium (III) dan Yterbium (III) Secara membran Cair Berpendukung*, The Malaysian Journal of Analytical Sciences, No.2, (4), 230-238. [5]
- Sulaeman, A., 2002, *Pola Transpor Pada Ekstraksi dan Pemisahan Unsur Tanah Jarang Dengan Teknik Membran Cair Berpendukung Menggunakan Pengembangan Campuran Asam Di-(2-etilheksil) Fosfat (D2EHPA) dan Tributyl Fosfat (TBP)*, Disertasi, Institut Teknologi Bandung. [6]

7. Mulder, M., 1996, *Basic Principles of Membrane Technology*, Kluwer Academic Publisher, London, 339-369. [7]
8. Barsch, R.A., Way, J.D., 1996, *Chemical Separations with Liquid Membranes*, American Chemical Society, America, 362-369. [8]
9. Thomas, Michael, 1996, *Ultraviolet and Visible Spectroscopy*, 2nd Edition, John Willey and Sons : Chicester, 11-101. [9]
10. Hartati, R.D., 1996, *Inductively Coupled Plasma (ICP) dan Aplikasinya dalam Contoh Geokimia : Studi Pendahuluan*, Kolokium Direktorat Sumber Daya Mineral. [10]