

PENGARUH TEKATAN DAN SUHU TERHADAP REJEKSI Gd-DTPA DAN Sm-DTPA DENGAN MENGGUNAKAN MEMBRAN NANOFILTRASI

Iman Rahayu, Rustaman, Anni Anggraeni, Atiek Rostika Noviyanti, Rubianto A. Lubis

Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Padjadjaran, Jl. Raya Bandung-Sumedang km 21, Jatinangor, Jawa Barat 45363, Indonesia, Telp/Fax 022 7794391

*Alamat Korespondensi: iman.rahayu@unpad.ac.id

Abstrak: Saat ini telah banyak dilakukan penelitian mengenai pemisahan unsur tanah jarang karena peranannya penting dalam perkembangan teknologi. Pemisahan dan pemurnian unsur tanah jarang sangat sulit dilakukan karena unsur tanah jarang memiliki kemiripan sifat antara satu dengan yang lainnya. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengembangan metode-metode pemisahan dan pemurnian unsur tanah jarang dari mineral-mineralnya, salah satunya dengan membran nanofiltrasi dengan penambahan ligan dietilentriaminpentaasetat (DTPA). Penelitian ini bertujuan untuk memisahkan gadolinium(III) dan samarium(III) dengan menggunakan membran nanofiltrasi. Metode yang digunakan dalam penelitian adalah pembuatan larutan standar gadolinium(III) dan samarium(III), pembuatan larutan kompleks dan pemisahan dengan membran nanofiltrasi pada variasi tekanan 2-6 bar dan suhu 20-40°C. Permeat hasil dari pemisahan kemudian dianalisis dengan menggunakan ICP-AES. Dari hasil penelitian ini diperoleh tekanan optimum yaitu 2 bar dengan menghasilkan rejeksi Gd-DTPA sebesar 97,52 % dan Sm-DTPA sebesar 97,28 %. Suhu optimum yang diperoleh yaitu 20°C dengan menghasilkan rejeksi Gd-DTPA sebesar 99,73 % dan Sm-DTPA sebesar 99,58 %.

Kata kunci: Gd-DTPA, Sm-DTPA, nanofiltrasi

Abstract: Nowadays has been done research on the separation of rare earths as an important role in the development of technology. The separation and purification of rare earths is very difficult, because of the rare earth elements have similar properties with each other. Therefore, it is necessary to develop methods of separation and purification of rare earths from minerals, one of them is nanofiltration membrane with the addition of ligand Diethylene triaminepentaacetat (DTPA). This study aims to separate gadolinium(III) and samarium(III) by using nanofiltration membranes. The method used in this research is the preparation of standard solution of gadolinium(III) and samarium(III), the preparation of complex solution and separation by nanofiltration membrane at 2-6 bar pressure variations and temperature of 20-40°C. Permeate the result of the separation was analyzed using Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry (ICP-AES). The results obtained optimum pressure at 2 bar to produce a rejection Gd-DTPA is 97.52% and Sm-DTPA is 97.28%. The optimum temperature at 20°C to produce a rejection Gd-DTPA is 99.73% and Sm-DTPA is 99.58%.

Keywords: Gd-DTPA, Sm-DTPA, nanofiltration

PENDAHULUAN

Indonesia termasuk negara yang kaya akan sumber daya alam, salah satu contohnya yaitu kekayaan unsur tanah jarang. Unsur tanah jarang umumnya terbentuk bersama-sama dengan unsur lainnya seperti tembaga, uranium, fosfat, emas, dan besi, sebagai mineral ikutan. Mineral ikutan tersebut pada saat penambangan dan pengolahan timah ditemukan sebagai produk sampingan.

Saat ini banyak dilakukan penelitian mengenai pemisahan unsur tanah jarang karena unsur tanah jarang memegang banyak peranan dalam perkembangan teknologi. Beberapa peranan unsur tanah jarang terdapat pada bidang teknik kimia, metalurgi, energi nuklir, superkonduktor suhu tinggi, dan katalisis (Sorin *et al.* 2005).

Unsur tanah jarang banyak ditemukan di alam dalam bentuk monasit dan senotim. Monasit mengandung unsur tanah jarang ringan, sedangkan senotim mengandung unsur tanah jarang berat (Ni *et al.* 1995). Dari mineral monasit tersebut dapat

diperoleh unsur tanah jarang dalam bentuk oksida dan murni apabila diolah dengan metode yang tepat. Pemanfaatan mineral monasit ini sangat tinggi dibanding mineral unsur tanah jarang lainnya dikarenakan mengandung unsur gadolinium (Gd) dan samarium (Sm). Gadolinium dapat dimanfaatkan sebagai agen pengontras pada alat pencitra resonansi magnetik (MRI), telah teruji secara klinis pada tahun 1988 oleh Weinmann. Sedangkan samarium biasa digunakan sebagai bahan pembuat magnet dan laser.

Teknologi membran telah banyak digunakan terutama dalam proses pemisahan karena prosesnya yang lebih cepat, biaya murah, efisiensi dalam menggunakan energi dan tidak terjadi perubahan fasa dalam larutan yang dipisahkan. Saat ini proses nanofiltrasi telah digunakan sebagai salah satu proses pemisahan partikel dalam larutan. Nanofiltrasi merupakan salah satu teknologi membran yang memiliki molecular weight cut-off (MWCO) antara 200 sampai 600 Da, sehingga dapat memisahkan partikel berukuran kecil dan partikel ionik (Mulder

1996; Chitry *et al.* 2001). Mekanisme pemisahan nanofiltrasi berdasarkan molecular weight cut-off (MWCO) yang berhubungan dengan ukuran pori pada membran dan berdasarkan perbedaan muatan antara membran dengan larutan (Sorin *et al.* 2004).

Teknologi membran nanofiltrasi ini dapat digunakan untuk pemisahan unsur tanah jarang melalui tahap kompleksasi dengan ligan. Seperti yang telah dilakukan oleh Chitry *et al.* (1999) dalam pemisahan lantanida (III) menggunakan nanofiltrasi-kompleksasi dalam medium cair, memberikan hasil 95% gadolinium(III) yang terpisah. Sorin *et al.* (2004) dalam pemisahan lantanida(III)/aktinida(III) dengan nanofiltrasi-kompleksasi, memberikan hasil gadolinium kompleks yang terejeksi sebesar 99%. Beberapa faktor yang mempengaruhi hasil rejeksi menggunakan nanofiltrasi seperti tekanan, dan suhu.

Pada penelitian ini gadolinium(III) dan samarium(III) membentuk kompleks dengan ligan dietilentriaminpentaasetat (DTPA) yang nantinya akan terejeksi oleh membran nanofiltrasi dan diamati pengaruh variasi tekanan pada 2-6 bar dan variasi suhu pada 20-40°C.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Akua Milli-Q (Laboratorium sentral, Universitas Padjadjaran), asam klorida p.a., asam nitrat p.a., natrium hidroksida p.a., asam asetat p.a., membran nanofiltrasi Dow FilmTec TW30-1812-50 yang terbuat dari material poliamida dengan ukuran pori 0,1 nm dan luas permukaan 150 cm², gadolinium oksida (Sigma Aldrich), samarium oksida (Sigma Aldrich), dan dietilen triamin pentaasetat (DTPA) (Sigma Aldrich).

Metode

Pertama, pembuatan larutan kompleks Gd-DTPA dan Sm-DTPA. Sebanyak 100 mL larutan gadolinium 3145 ppm, 100 mL larutan samarium 3007 ppm, dan 100 mL larutan DTPA 7867 ppm dimasukkan ke dalam gelas kimia dan diatur pH-nya dengan penambahan larutan natrium hidroksida 2 M atau larutan asam klorida 0,5 M sampai pH 7, kemudian diaduk sampai homogen. Setelah itu larutan dimasukkan ke dalam gelas kaca dan ditambahkan akua Milli-Q sampai volume 4 L.

Larutan kompleks Gd-DTPA dan Sm-DTPA yang bertindak sebagai larutan umpan dialirkan ke dalam membran nanofiltrasi, kemudian diatur tekanannya pada variasi 2-6 bar dan suhu pada 20-40°C. Proses pemisahan dijalankan dengan sistem cross-flow selama 15 menit. Setelah kondisi stabil kemudian permeat ditampung dalam gelas kimia.

Permeat yang telah ditampung kemudian diukur nilai fluks dan rejeksinya. Fluks permeat dihitung dengan mengukur volume permeat yang melewati membran per satuan luas permukaan membran dikalikan waktu untuk masing-masing kondisi

(tekanan dan suhu pemisahan), sesuai dengan persamaan:

$$J_v = \frac{V}{A.t}$$

Rejeksi dihitung dengan mengukur konsentrasi umpan dan permeat dengan menggunakan *Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry* (ICP-AES) kemudian dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$R = \left(1 - \frac{C_p}{C_r}\right) \times 100\%$$

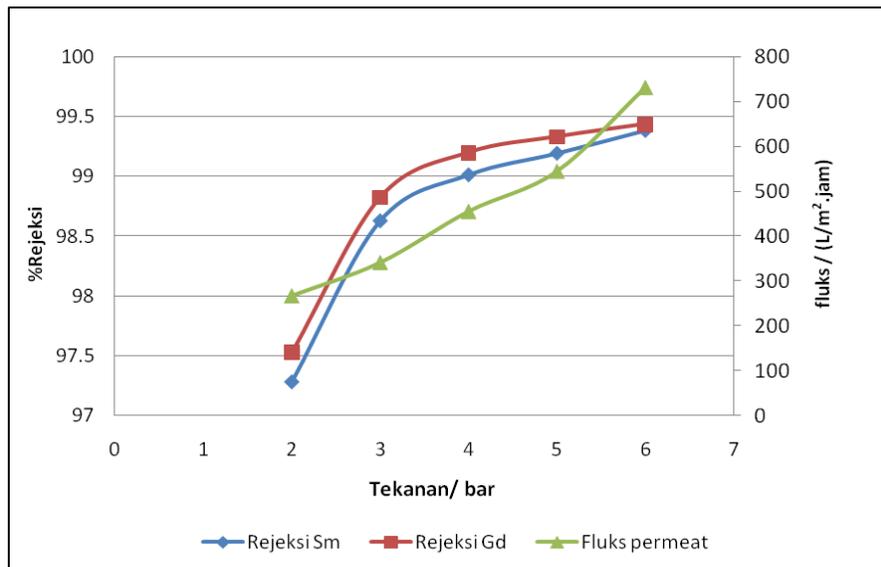
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Tekanan Terhadap Fluks Permeat dan Rejeksi

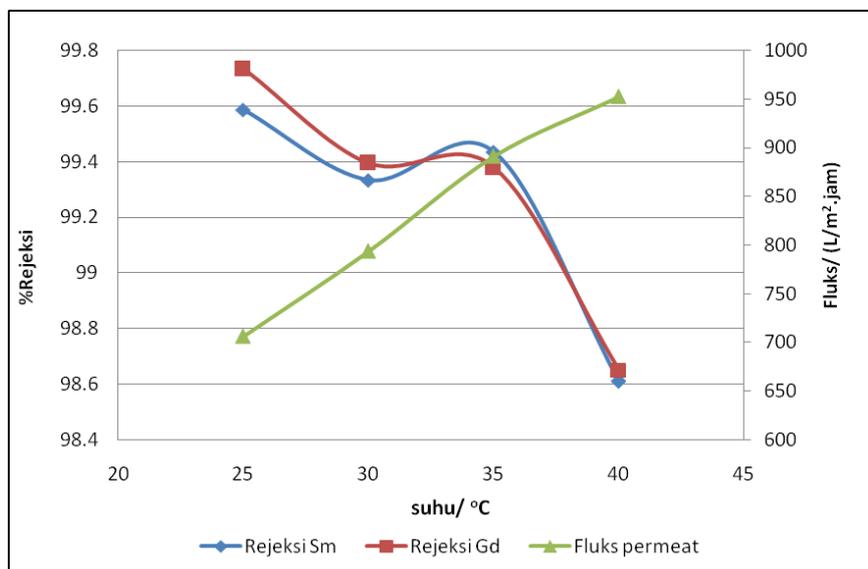
Pengaruh tekanan terhadap fluks permeat dan rejeksi Gd-DTPA dan Sm-DTPA pada membran dapat dilihat pada Gambar 1. Semakin tinggi tekanan maka fluks larutan akan semakin besar. Hal ini disebabkan karena adanya pengaruh gaya dorong tekanan maka molekul-molekul dalam larutan akan semakin banyak melewati membran.

Tekanan juga berpengaruh terhadap rejeksi, semakin besar tekanan maka rejeksi Gd-DTPA dan Sm-DTPA semakin meningkat. Hal ini disebabkan karena dengan meningkatnya tekanan akan meningkatkan laju alir pada membran sehingga umpan yang mengandung Gd-DTPA dan Sm-DTPA akan banyak menumpuk pada permukaan atau dapat terjadi polarisasi konsentrasi. Sehingga gadolinium(III) dan samarium(III) yang melewati membran akan semakin sedikit. Pada Gambar 1 dapat dilihat walaupun rejeksinya meningkat tetapi fluks permeat pun meningkat. Hal ini mengindikasikan jika yang melewati membran merupakan molekul air karena semakin tinggi tekanan, fluks permeat semakin tinggi tetapi rejeksi nya pun tinggi.

Pada Gambar 1 dapat dilihat bahwa rejeksi terbesar terjadi pada tekanan 6 bar dimana rejeksi Sm-DTPA sebesar 99,38% dan rejeksi Gd-DTPA sebesar 99,43%, namun hal ini dinilai kurang efektif dalam pemisahan samarium dan gadolinium karena memiliki rejeksi yang tidak berbeda jauh. Pada penelitian ini pemisahan optimumnya terjadi pada tekanan 2 bar dimana rejeksi Sm-DTPA sebesar 97,28 % dan rejeksi Gd-DTPA sebesar 97,52 %. Pada tekanan 2 bar memiliki selisih yang sedikit lebih jauh dibandingkan dengan tekanan 3-6 bar. Hasil penelitian ini menunjukkan jika gadolinium(III) dan samarium(III) hampir sama banyak berikatan dengan ligan DTPA. Oleh karena itu, diperlukan suatu ligan spesifik yang bisa mengikat salah satu unsur sehingga dapat diperoleh salah satu kompleks yang lebih banyak.



Gambar 1. Pengaruh tekanan terhadap fluks permeal dan rejeksi



Gambar 2. Pengaruh suhu terhadap fluks permeal

Pengaruh Suhu Terhadap Fluks Permeal dan Rejeksi

Pengaruh suhu terhadap fluks permeal larutan Gd-DTPA dan Sm-DTPA pada membran dapat dilihat pada Gambar 2. Semakin tinggi suhu yang digunakan maka akan semakin tinggi fluks permeal yang dihasilkan. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi suhu yang digunakan maka akan menyebabkan semakin besar ukuran pori membran. Hasil ini sama seperti yang telah dilakukan oleh Sorin *et al.* (2005).

Suhu juga berpengaruh terhadap rejeksi Gd-DTPA dan Sm-DTPA, semakin besar suhu maka akan semakin kecil rejeksi dikarenakan ukuran pori yang membesar sehingga banyak ion-ion yang melewati membran. Selain itu peningkatan suhu menyebabkan penurunan viskositas larutan.

Penurunan viskositas larutan berpengaruh terhadap jarak antar partikel dalam larutan akan semakin renggang, sehingga akan menurunkan rejeksi (Sorin *et al.* 2005).

Rejeksi yang di hasilkan optimum pada suhu 20°C dengan menghasilkan rejeksi Gd-DTPA sebesar 99,73% dan rejeksi Sm-DTPA sebesar 99,58%. Pada suhu 20°C dinilai lebih efektif untuk memisahkan gadolinium dan samarium karena memiliki selisih yang sedikit lebih jauh dibandingkan pemisahan pada suhu 25-40°C.

KESIMPULAN

1. Semakin tinggi tekanan yang diberikan pada membran, maka rejeksi Gd-DTPA dan Sm-DTPA semakin tinggi.

2. Semakin tinggi suhu yang diberikan pada membran, maka rejeksi Gd-DTPA dan Sm-DTPA semakin kecil.
3. Suhu optimum dilakukan pada 20°C dan menghasilkan rejeksi Gd-DTPA dan Sm-DTPA masing-masing sebesar 99,73 % dan 99,58 %.
4. Tekanan optimum dilakukan pada 2 bar dan menghasilkan rejeksi Gd-DTPA dan Sm-DTPA masing-masing sebesar 97,52 % dan 97,28 %.

DAFTAR PUSTAKA

- Chitry, F., Garcia, I.R, Nicod, L., Gass, J.L, Madic, C. & Lemaire, M. (1999). Separation of gadolinium(III) and lanthanum(III) by nanofiltration-complexation in aqueous medium. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*. 240(3): 931-934.
- Ni, Y., Hughes, J.M. & Mariano, A.N. (1995). Crystal chemistry of the monazite and xenotime structures. *American Mineralogist*. 80(1): 21-26.
- Mulder, N. (1996). *Basic Principles of Membrane Technology*. London: Kluwer Academic Publisher.
- Murthy, Z.V.P. & Choudhary, A. (2011). Separation of cerium from feed solution by nanofiltration. *Desalination*. 279(1): 428-432.
- Murthy, Z.V.P. & Choudhary, A. (2011). Application of nanofiltration to treat rare earth element (neodymium) containing water. *Journal of Rare Earths*. 29(10) 974-978.
- Sorin, A., Favre-Réguillon, A., Pellet-Rostaing, S., Sbaï, M., Szymczyk, A., Fievet, P. & Lemaire, M. (2005). Rejection of Gd (III) by nanofiltration assisted by complexation on charged organic membrane: Influences of pH, pressure, flux, ionic strength and temperature. *Journal of Membrane Science*. 267(1): 41-49.
- Sorin, A., Pellet-Rostaing, S., Favre Reguillon, A., Bernier, G., Adnet, J.M. & Lemaire, M. (2004). Lanthanides (III)/Actinides (III) separation by nano-filtration-complexation. In Atalante 2004 conference: Advances for future nuclear fuel cycles. Nimes (France), 21-24 June 2004.