



**KINETICS OF PHENOL TRANSPORT THROUGH CLOROFORM MEMBRANES
IN BULK PHASE LIQUID MEMBRANE TECHNIQUES**

**KINETIKA TRANSPOR FENOL MELALUI MEMBRAN KLOOROFORM DALAM
TEKNIK MEMBRAN CAIR FASA RUAH**

Mistia Sari¹, Hendra Anwar²

^{1,2}Universitas Nahdlatul Ulama Sumatera Barat

E-mail: mistia.sari@gmail.com

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Correspondent:

Mistia Sari

mistia.sari@gmail.com

Key words:

*phenol, liquid membrane,
bulk phase, chloroform*

Website:

<http://idm.or.id/JSCR>

page: 248 - 255

Research on the transport kinetics of phenol through the chloroform membrane in bulk phase liquid membrane technique has been carried out. Process kinetics were determined by measuring the concentration of phenol remaining in the source phase and that which reached the receiving phase per time, and monitored with a UV/VIS Spectrophotometer at a wavelength of 510 nm. The experimental conditions were set based on the optimum conditions obtained by previous studies, where the source phase contained 6 mL of 2.13×10^{-4} M phenol pH 2, the membrane phase was 30 mL of chloroform and the receiving phase was 12 mL of 0.1 M NaOH. From the experimental results shows, at a temperature of 304.0 K the phenol transport system fulfills a first order irreversible consecutive reaction. The velocity constant of phenol entering the membrane (k_1) is 0.046 minutes⁻¹ and the velocity constant of phenol leaving the membrane (k_2) is 0.054 minutes⁻¹ and the activation energy of the transport system is 21.941 KJ/mol.

Copyright © 2022 JSCR. All rights reserved.

INFO ARTIKEL

ABSTRAK

Koresponden

Mistia Sari
mistia.sari@gmail.com

Kata kunci:

fenol, membran cair,
fasa ruah, kloroform

Website:

<http://idm.or.id/JSCR>

hal: 248 - 255

Penelitian tentang kinetika transpor fenol melalui membran kloroform dalam teknik membran cair fase ruah telah dilakukan. Proses kinetika ditentukan dengan mengukur konsentrasi fenol yang tersisa di fasa sumber dan yang sampai ke fasa penerima perwaktu, dan dimonitor dengan Spektrofotometer UV/VIS pada panjang gelombang 510 nm. Kondisi percobaan diatur berdasarkan kondisi optimum yang telah diperoleh oleh penelitian sebelumnya, di mana fasa sumber mengandung 6 mL fenol $2,13 \times 10^{-4}$ M pH 2, fasa membrane merupakan 30 mL kloroform dan fasa penerima 12 mL NaOH 0,1 M. dari hasil percobaan menunjukkan, pada temperatur 304 °K system transpor fenol memenuhi reaksi konsekutif irrevesibel orde pertama. Konstanta kecepatan transpor fenol masuk membran (k_1) adalah 0,046 menit⁻¹ dan konstanta kecepatan transport fenol keluar membran (k_2) adalah 0,054 menit⁻¹ dan energi aktivasi sistem transpor adalah 21,941 KJ/mol.

Copyright © 2022 JSCR. All rights reserved.

PENDAHULUAN

Fenol merupakan salah satu bahan baku industri yang berbahaya. Efek toksik fenol yang bersifat akut akan mempengaruhi system saraf pusat yang dapat menyebabkan kematian satu setengah jam setelah keracunan, gangguan pada system pencernaan (*gastro intestinal*) ginjal, paru-paru, kegagalan dalam sistem sirkulasi dan penyakit sawan. Dalam dosis tinggi fenol dapat terserap melalui kulit sehingga permukaan kulit menjadi putih (Manahan, tt). Kadar fenol total dalam air minum maupun air bersih adalah 0,002 ppm (Mulyasuryani, dkk., 1997).

Pada hakikatnya senyawa fenol di alam ditemukan dalam keadaan bercampur. Untuk mendapatkan senyawa fenol dari campurannya dilakukan suatu pemisahan terhadap campuran tersebut. Metoda pemisahan senyawa fenol dari larutan air atau campurannya telah banyak dilakukan dan lazim digunakan adalah metoda ekstraksi pelarut. Metoda ini didasarkan pada pemisahan ion dengan cara mengekstraknya dari pelarut air ke dalam pelarut organik dan kemudian diekstraksi kembali ke dalam pelarut air (Alpogus, dkk., tt). Bila ditinjau dari aspek ekonomis metoda ini kurang efektif karena selain membutuhkan bahan-bahan kimia relatif banyak juga waktu pemisahan, salah satunya adalah dengan teknik membran cair.

Membran cair merupakan pilihan handal yang dapat digunakan untuk pemisahan spesi kimia tertentu karena bersifat selektif permiablel dengan cara memanfaatkan pelarut organik ataupun anorganik tertentu yang berfungsi sebagai lintasan transpornya. Keselektifan membran cair terhadap komponen yang akan ditranspor dapat diperoleh dengan menambahkan zat aditif tertentu sebagai mediator dan

pengaruh kondisi operasi yang tepat saat pemakaian membran sehingga tidak terjadi reaksi balik (Valenzuela, 2003).

Pada penelitian ini dikembangkan teknik membran cair fasa ruah untuk memisahkan senyawa fenol dalam air dimana teknik ini mempunyai beberapa keuntungan antara lain cara pembuatan yang mudah dan praktis bahkan lebih mudah bila dibandingkan dengan teknik emulasi membran cair. Selain itu membran dapat didaur ulang serta proses ekstraksi dan proses pelepasan kembali (*stripping*) senyawa fenol berlangsung dalam satu tahap sehingga memungkinkan teknik membran cair fasa ruah ini lebih ekonomis dibandingkan dengan teknik ekstraksi pelarut.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah spektrofotometer UV/VIS spektronik 20 D, sel membrane cair fasa ruah, Neraca Analitik Ainsworth, stopwatch, thermometer, magnetic stirrer, pH meter 420A, dan alat-alat kimia lainnya.

Bahan yang digunakan

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain: Kloroform (CHCl_3), Fenol ($\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$), 4-aminoantipirin, NaOH, HCl 0,01 M, NH_4OH pekat, buffer pH 6,8 (campuran K_2HPO_4 dan KH_2PO_4), buffer sitrat pH 2, $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$, serta akuadest.

Pembuatan Reagen

1. Pembuatan Larutan Fasa Sumber.

Ditimbang sejumlah 0,25 g fenol ($M_r = 94 \text{ g/mol}$) dan dilakukan dengan aquadest sampai volumenya 500 mL. larutan yang diperoleh adalah larutan yang mengandung fenol dengan konsentrasi 0,005319 M (500 ppm). Diambil sebanyak 2 mL. kemudian ditambah HCl 0,01 M atau NH_4OH 0,1 M untuk mengatur pH dan tambahkan 2 pipet larutan buffer sitrat pH 2 untuk menahan pH yang diinginkan lalu encerkan dengan akuadest dalam labu ukur 50 mL, sampai tanda batas sehingga diperoleh larutan fenol dengan konsentrasi $2,13 \times 10^{-4} \text{ M}$ (20ppm).

2. Pembuatan Larutan Fasa Membran.

Fasa membran yang berupa kloroform yang dipipet sebanyak sebanyak 30 mL.

3. Pembuatan Larutan Fasa Penerima.

Ditimbang sebanyak 0,4 g NaOH dan dilarutkan dengan akuades sampai volumenya 100 mL. Larutan fasa penerima yang diperoleh adalah NaOH dengan konsentrasi 0,1 M.

4. Pembuatan Reagen untuk Mengukur Kosentrasi Fenol dengan Metoda 4-aminoantipirin.

- Larutan NH_4OH 0,5 M
Dipipet 38 ml NH_4OH paket dan diencerkan dalam labu 1000 ml sampai tanda batas.
- Larutan Buffer Phospat pH 6,8
Ditimbang 10,4501 g K_2HPO_4 dan 7,2305 g K_2HPO_4 kemudian dipindahkan ke labu ukuran 100 ml dan dilarutkan dengan akuades sampai tanda batas.
- Larutan 4-aminoantipirin 0,1 M
Ditimbang 2,0301 g 4-aminoantipirin dalam larutan dalam labu ukur 100 ml dengan akuades.
- Larutan $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ 0,24 M

Ditimbang 7,8924 g $K_3Fe(CN)_6$ kemudian larutan dalam labu ukur 100 ml dengan akuades.

Prosedur Kerja

1. Pengukuran Persentase Transpor Fenol pada Kondisi Optimum dengan Teknik Membran Cair Fasa Ruah

Proses transport dilakukan seperti percobaan Aziz (2010). Disiapkan beker gelas 50 mL (diameter dalam 3,66 cm) dan dimasukkan fasa membran yaitu 30 mL kloroform. Dalam larutan fasa ini dicelupkan sebuah tabung kaca silindris (diameter dalam 2,17 cm) dan dipipetkan ke dalamnya 6 mL larutan bias sumber berupa fenol $2,13 \times 10^{-4}M$ dengan pH 2. Diluar tabung gelas dipipetkan 12 ml fasa penerima NaOH 0,1 M. Teknis operasi dilakukan melalui pengadukan dengan memiliki magnetik stirrer pada kecepatan 340 rpm selama 2 jam. Setelah pendiaman selam 15 menit, fasa penerima dan fasa sumber diambil untuk diukur jumlah kosentrasi fenol yang berkandung didalamnya dengan spektrofotometer UV-Vis pada λ_{max} 510 nm.

Penentuan Konstanta Kecepatan Transport dari Fasa Sumber ke Fasa Penerima. Percobaan dilakukan pada berbagai temperature sesuai dengan prosedur 3.4.1 dimana fasa sumber pH 2, dengan variasi waktu 0,15,30,45,60 menit terhaap perubahan kosentrasi fenol di fasa sumber, fasa membran, dan fasa penerima.

2. Penentuan Energi Aktivasi Transpor Fenol

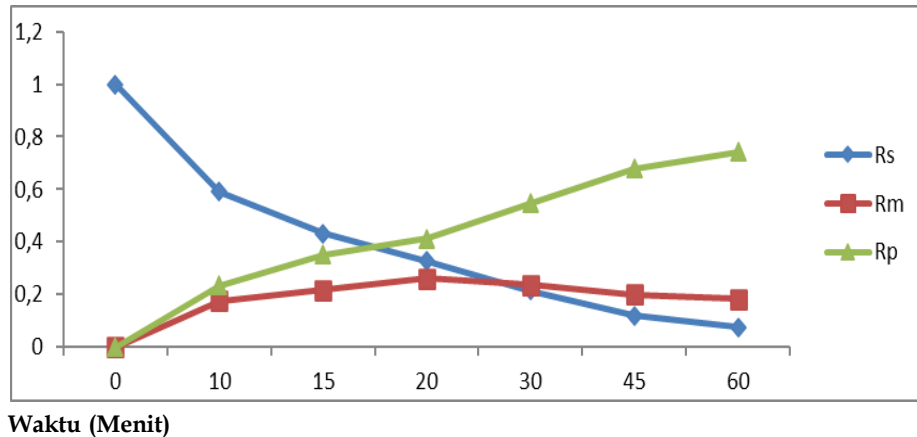
Untuk menentukan energy aktivasi transpor fenol dilakukan variasi terhadap suhu percobaan 11,12,31,41°C. Pengaturan suhu dilakukan dengan mengatur srikulasi air masuk dan air keluar dengan bantuan pompa. Fasa sumber, fasa membrane dan fasa penerima disetimbangkan suhunya selama ± 10 menit, kemudian percobaan dilakukan menurut prosedur 3.4.2. Harga energi aktivasi ditentukan dari harga koefisien regresi kurva $\ln k$ terhadap $1/T$ dari berbagai satu percobaan yang dilakukan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kecepatan Proses Transpor Fenol dalam Teknik Membran Cair Fasa Ruah

Kecepatan transport fenol dari fasa sumber ke fasa penerima dapat dilihat dari perubahan perbandingan kosentrasi fenol sisa dari fasa sumber dan yang tertransport ke fasa penerima. Secara teoritis perubahan perbandingan kosentrasi fenol dalam fasa sumber (R_s), fasa membran (R_m), dan fasa penerima (R_p) dinyatakan melalui persamaan $R_s + R_m + R_p = 1$.

Kinetika proses transport fenol prediksi dari data percobaan perubahan perbandingan kosentrasi fenol dalam fasa sumber, fasa membran dan fasa penerima. Percobaan dilakukan pada kondisi optimum hasil penelitian yang diperoleh oleh sebelumnya, dengan rekoveri 89,86%. Pengamatan terhadap pengaruh variasi waktu terhadap perubahan perbandingan kosentrasi fenol dalam fasa sumber, fasa membrane dan fasa penerima ditunjukkan pada Gambar 1



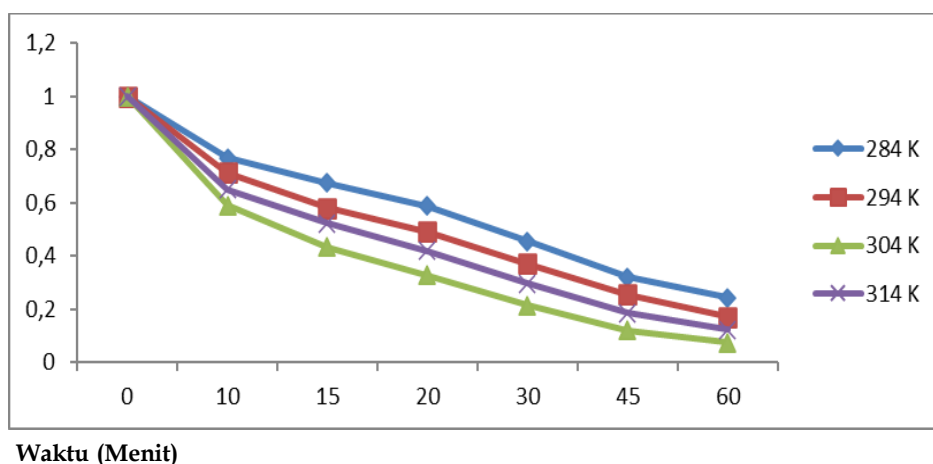
Gambar 1. Perubahan Perbandingan Konsentrasi Fenol di Fasa Sumber (Rs), Fasa Membrane (Rm) dan Fasa Penerima (Rp) terhadap Waktu.

Kondisi Percobaan: fasa sumber 6 ml fenol $2,13 \times 10^{-4}$ M pH 2, fasa membran 30 ml kloroform, fasa penerima 12 ml NaOH 0,1 m, waktu kesetimbangan 15 menit, dan temperature 31°C .

Gambar 1 memperlihatkan perubahan konsentrasi fenol tidak merubah ciri khas model grafik sistem kecepatan reaksi untuk reaksi konsekutif irrversible orde satu. Dalam hal ini perubahan kosentrasi fenol dalam fasa sumber (Rs) menurun secara monoeksponensial dari 1 sampai 0,075 terhadap waktu transport kurang dari 60 menit. Sedangkan dalam fasa penerima Rp meningkat secara sigmoid dari 0 sampai 0,075 sampai waktu transpor 60 menit. Secara perhitungan Rm mempunyai puncak maksimum pada menit ke 20, ini menunjukkan jumlah maksimum transpor fenol yang terperangkap dalam membran merupakan daerah batas peningkatan transpor fenol ke fasa penerima serta memperlihatkan batas mulai turunnya transpor fenol di fasa sumber.

Pengaruh Temperatur Terhadap Transpor Fenol

Penelitian pengaruh temperatur terhadap kecepatan tranpor fenol melalui teknik membran cair fasa ruah dilakukan pada temperature yaitu 284,294,304, dan 3140 K dengan variasi waktu transport 0.10 15.20,30,45, dan 60 menit.

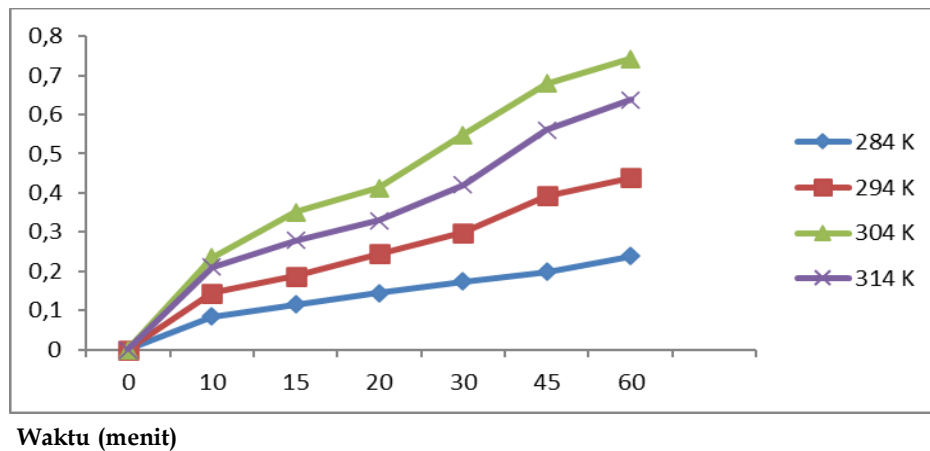


Gambar 2. Perubahan Perbandingan Konsentrasi pada Fasa Sumber (Rs) terhadap Waktu pada Berbagai Temperatur

Kondisi Percobaan: fasa sumber 6 ml fenol $2,13 \times 10^{-4}$ M pH 2, fasa membran 30 ml kloroform, fasa penerima 12 mml NaOH 0,01 M, waktu ketimbangan 15 menit, dan temperatur 31°C .

Di sini variasi waktu transport dilakukan sampai batas waktu 60 menit. Hal ini disebabkan karena sulit untuk mempertahankan konstannya temperatur dalam waktu yang lama. Selain itu dilakukan di bawah suhu kamar karena kloroform mudah menguap sehingga dengan menekan suhu lebih rendah kehilangan pelarut dapat diatasi.

Kenaikan temperatur mengakibatkan nilai R_s menurun yang menunjukkan jumlah fenol sisa di fasa sumber juga menurun dengan bertambah tingginya temperatur yang akan mempercepat interaksi yang terjadi dalam sistem transport fenol dari fasa sumber ke fasa penerima. Hal ini disebabkan akibat temperatur yang akan tinggi akan terjadi kenaikan energi kinetik pada partikel yang mempercepat proses difusi sehingga menurunkan fenol sisa fase sumber dan menaikkan fenol ke fasa penerima. Namun, pada temperatur 314 K terjadi kenaikan sisa fenol di fasa sumber (Gambar 3).



Gambar 3. Perubahan Perbandingan Konsentrasi Fenol pada Fasa Penerima (Rp) terhadap Waktu pada Berbagai Temperatur.

Kondasi Percobaan: fasa sumber 6 ml fenol $2,13 \times 10^{-4}$ M pH 2, fasa membran 30 ml kloroform, fasa penerima 12 ml NaOH 0,1 M, waktu kesetimbangan 15 menit, dan temperatur 31°C .

Gambar 3 diatas dapat dilihat bahwa makin naiknya temperatur menyebabkan terjadi kenaikan nilai fenol dalam fasa penerima (Rp). Hal ini disebabkan semakin naiknya temperatur difusi fenol semakin cepat ke antar muka fasa membran dengan fasa penerima semakin sedikit fenol yang terperangkap dalam fasa membran. Keadaan ini juga dapat dilihat dari nilai konstanta kecepatan transport sistem fenol pada Tabel 1 yang dihitung dari perolehan data percobaan.

Table 1. Konstanta Kecepatan Transport Fenol pada Kondisi Optimum dengan Berbagai Variasi Temperatur.

No	Temperatur (K)	k_1	k_2
1	284	0,025	0,035
2	294	0,031	0,042
3	304	0,046	0,054
4	314	0,037	0,049

Kenaikan nilai konstanta kecepatan transport fenol sebanding dengan temperatur (Tabel 1). Di sini K_1 adalah konstanta kecepatan transport fenol masuk ke membran.

Besarnya nilai K_2 dari pada K_1 menunjukkan bahwa transport fenol keluar membran lebih cepat dibandingkan transport fenol dari feno masuk membran.

Tabel 1 juga menunjukkan kenaikan temperatur akan mempercepat proses difusi transport yang mengakibatkan kecepatan transport fenol dari fasa sumber ke fasa perima meningkat. Tetapi pada temperatur yang lebih tinggi, terjadi penurunan nilai konstanta transport. Nilai k_1 dan k_2 diperoleh berdasarkan data percobaan perubahan konsentrasi per waktu yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Konstanta Kecepatan Transpor Fenol pada Temperatur 31°C.

k_1 (Menit ⁻¹)	k_2 (Menit ⁻¹)
Integrasi = 0,046	0,054
Grafik = 0,043	
LMSM = 0,043	

Least Means Squares Mehtode

Dari hasil yang terdapat pda table 2 dapat dijelaskan bahwa konstanta kecepatan transport masuk ke dalam membran (K_1) rata-rata perwaktu adalah konstan dan memenuhi reaksi orde 1 karena perhitungan secara grafik/LSM ($K_1 = 0,043$ menit⁻¹) dan secara integrasi ($K_1 = 0,046$ menit⁻¹) dapat dinyatakan sama. Nilai K_2 yang diperoleh ternyata lebih besar dari pada konstanta kecepatan transport masuk ke membran (K_1). Data ini merupakan gambaran yang mempertegas bahwa proses transport keluar transport membran lebih cepat dari pada masuk ke membran

Energi Aktivasi Transpor Fenol

Energi aktivasi (E_a) dari sitem transport fenol antar fasa ditentukan berdasarkan rumus Archenius dari nilai plot atau kemiringan grafik $\ln K_1$ Vs $1/T$. Untuk mendapatkan energi aktivasi yang digunakan adalah nilai K_1 yang telah dihitung.

Energi aktivasi yang didapatkan dari data percobaan anatar $\ln K_1$ Vs $1/T$ sebesar 21,941 KJ/mol atau 5,266 kcal/mol. Perhitungan energi aktivasi diambil dari perubahan harga K_1 karena konstanta kecepatan K_1 nilainya lebih rendah dibandingkan dari nilai K_2 sehingga nilai energi aktivasinya lebih tinggi artinya energi minimal yang dibutuhkan untuk proses transport lebih besar. Dalam perhitungan energi aktivasi nilai K pada suhu 314⁰K tidak dimasukkan karena pada suhu ini kloroform mengemulsi dengan air sehingga fenol tidak lagi terdifusi dengan baik ke dalam membran, terjadi perubahan yang ekstrim terhadap nilai K dan tidak memenuhi persyaratan ununtuk menentukan data energi aktivasi. Ernergi aktivasi proses transport yang dapat kecil dari 10 kcal/mol berat transport fenol ini dikontrol oleh proses difusi.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Kinetika sistem transpor fenol dengan menggunakan kloroform sebagai membran telah dapat ditentukan. Dari pengolahan data hasil percobaan diperoleh sistem transport fenol ternyata dapat diidentifikasi memenuhi kinetika reaksi konsektif *Irreversible* orde pertama. Konstanta kecepatan transport fenol pada temperatur 31°C adalah $K_1 = 0,046$ menit⁻¹ dengan energi aktivasi 21,941 kJmol⁻¹. Perubahan temperatur percobaan mempengaruhi kecepatan reaksi transport fenol, dimana Semakin

meningkatnya temperatur maka nilai konstanta kecepatan masuk dan keluar membran akan semakin meningkat.

Saran

Penelitian ini merupakan penelitian lanjutan dari transfor fenol antar fasa yang telah dilakukan dengan menggunakan teknik membran cair fasa ruah, maka untuk meningkatkan selektivitas dari metoda ini perlu dilakukan evaluasi lebih lanjut dengan menguji sistem transfor fenol terhadap keberadaan ion lain.

DAFTAR PUSTAKA

- Manahan, S.E., *Environmental Chemistry*, 6 Ed, Lewis Publisher, USA, 1994, pp 688-689
- Mulyasuryani A, dkk. 1997. Metoda Sederhana untuk Monitoring Senyawa-senyawa Fenol di Perairan. *J. Penelitian Ilmu-ilmu Teknik (engineering)* 9,2. Hal 107-125
- H. Korkmaz Alpogus, dkk. *Transport of Hg²⁺ Through Bulk Liquid Membrane Using a Biscalix (4) arene Nitrile Derivative as Carrirer: Kinetic Analysis*, *J. Chem* 26
- Valenzuela. 2003. *Influence of Nonionic Surfactant Coumpound on Coupled Transfort of Copper (II) Throught a Liquid Membrane*. *J. Chil. Chem.* 48.
- Richard. 1996. *Chemical Separation with Liquid Membrane*. ACS. Symposium series 642. American chemical Sociaty. Washington DC.
- Safavi. 1998. *Selective and Efficient Transport og Hg (II) Though Bulk Liquid Membrane Using Methyl Red as carrier*. *J. Memb.Sci.*
- Granado. 2004. Model Eksperiments to test the use of a liquid membrane for separation and preconcentration of copper foam Natural water. *Analytical Cimica Acta*. 506.