

PENENTUAN KONDISI OPTIMUM (KONSENTRASI HCl DAN KONSENTRASI ION MERKURI) PADA EKSTRAKSI ION Hg²⁺ MENGGUNAKAN TEKNIK EMULSI MEMBRAN CAIR

Determination of Optimum Conditions (HCl and Mercury Ion Concentrations) on the Extraction of Hg²⁺ Ion using Emulsion Liquid Membrane Technique

*Tri Octivan Supriyatno, Baharuddin Hamzah dan Irwan Said

Pendidikan Kimia/FKIP – Universitas Tadulako, Palu – Indonesia 94118

Received 13 June 2017, Revised 12 July 2017, Accepted 14 August 2017

Abstract

Study on the extraction of mercury ion had been done using emulsion liquid membrane technique. The aim of this study was to determine the optimum condition on mercury ion extraction in solutions those include variations in concentration of HCl solution (0.5 to 2.5) M and variation in concentration of mercury (15-35) ppm. This study was conducted using laboratory experimental method with benzoyl acetone as cation carrier, kerosene as membrane phase, HCl solution as an internal phase, Span-80 and Span-20 as surfactants, and mercury solution as the sample. Determination concentration of mercury ion in external phase was analysed using UV-Vis spectrophotometer. The result showed that the concentration of HCl solution resulted in the optimum percentage of extraction with the percent extraction of 95.31% was at 2 M. In addition, concentration of mercury solution resulted in percent optimum extraction of 96.58% was at a concentration of 30 ppm.

Keywords: Antioxidants, reed fruit seed extract, DPPH, UV-Vis spectrophotometer.

Pendahuluan

Menurut Vouck (1986) terdapat 80 jenis logam yang teridentifikasi sebagai logam berat. Berdasarkan sudut pandang toksikologi, logam berat ini dapat dibagi dalam dua jenis. Jenis pertama adalah logam berat esensial, dimana keberadaannya dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan oleh organisme hidup, namun dalam jumlah yang berlebihan dapat menimbulkan efek racun. Contoh logam berat ini adalah Zn, Cu, Fe, Co, Mn, dan lain sebagainya. Jenis kedua adalah logam berat non esensial atau beracun, dimana keberadaannya dalam tubuh masih belum diketahui manfaatnya atau bahkan dapat bersifat racun seperti Hg, Cd, Pb, Cr, dan lain-lain. Logam berat ini dapat menimbulkan efek kesehatan bagi manusia tergantung pada bagian mana logam berat tersebut terikat dalam tubuh.

Salah satu kasus pencemaran merkuri yang paling fenomenal terjadi pada tahun 1953-1960 di Teluk Minamata Jepang yang dikenal dengan Minamata Diseases. Hal ini disebabkan oleh pelepasan metil merkuri dalam air limbah dari pabrik kimia yang bernama Chisso Corporation. Dalam kasus tersebut dilaporkan lebih dari 3 ribu warga dari kota ini menderita penyakit dengan ciri-ciri sulit tidur, kaki dan tangan merasa dingin, gangguan penciuman, kerusakan pada otak, gagap bicara, hilangnya kesadaran, bayi-bayi yang lahir cacat sehingga menimbulkan kematian. Minamata Diseases tidak hanya menyerang manusia tetapi juga binatang yang

mengonsumsi bahan makanan yang tercemar merkuri atau menghirup udara yang mengandung merkuri, dimana kandungan yang terdapat di dalamnya mencapai 5-20 ppm (Manahan, 2000).

Salah satu logam berat yang sering kali dijumpai di dalam limbah industri yaitu merkuri (Hg). Unsur merkuri telah diketahui sejak 4000 tahun yang lalu. Merkuri merupakan logam yang berwujud cair pada suhu ruang dan saat ini telah banyak digunakan dalam dunia industri modern (Rimhjim dkk., 2013). Limbah yang mengandung merkuri ini mempunyai sifat racun yang paling kuat dibandingkan dengan logam-logam berat lainnya seperti Cd (cadmium), Ag (perak), Ni (nikel), Pb (plumbum), As (arsen), Cr (kromium), Sn (timah) maupun Zn (zink). Selain mempunyai daya racun yang kuat, merkuri dan senyawanya mudah bereaksi dengan enzim yang mengandung belerang dan membentuk senyawa merkuri sulfida (HgS), yang dapat merusak susunan senyawa enzim sehingga fungsi enzim terganggu (Prayitno, 2000). Penggunaan logam berat dari tahun ke tahun terus meningkat sehingga dapat menyebabkan ketersediaannya berkurang. Oleh karena itu perolehan kembali logam berat seperti merkuri, kadmium, krom, nikel, perak dan lain-lain dalam pengolahan limbah cair merupakan hal yang penting untuk diperhatikan.

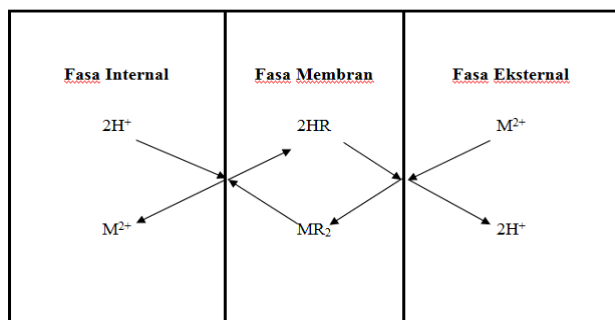
Teknik pengolahan limbah cair secara konvensional untuk memperoleh kembali logam-logam seperti pengendapan dan penyaringan selain menghasilkan limbah padat juga pereaksi yang digunakan secara berlebihan akan menjadi pencemar yang baru. Ekstraksi cair-cair untuk memperoleh kembali logam-logam adalah alternatif lain, namun kurang ekonomis dan kurang efisien karena menggunakan beberapa tahap ekstraksi dan ekstraksi balik (Hamzah dkk., 2011).

*Correspondence

Tri Octivan Supriyatno
Program Studi Pendidikan Kimia, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Tadulako
e-mail: trioctivan@gmail.com
Published by Universitas Tadulako 2017

Teknik pemisahan yang masih berkembang hingga kini adalah teknik yang berdasarkan membran cair. Emulsi membran cair merupakan suatu teknik pemisahan proses maju yang dapat digunakan untuk pemisahan selektif dan pungut ulang dengan mengkonsentrasikan zat terlarut yang diinginkan ke fasa internal membran. Teknik ini merupakan proses ekstraksi dalam tiga fasa, yaitu: fasa kontinu yang di dalamnya terlarut material yang akan dipisahkan, biasa disebut sebagai fasa air eksternal (Fae), fasa membran (Fm) yang mengandung larutan pengekstrak dalam pelarut organik aromatis atau alifatik (Fo), fasa air internal (Fai) yang mengandung larutan untuk proses re-ekstraksi (stripping) (Prayitno, 2000). Emulsi membran cair dibuat dengan membentuk emulsi dari dua fasa cair yang tidak saling campur dan kemudian emulsi yang terbentuk didispersikan ke fasa eksternal. Fasa eksternal mengandung spesies yang akan dipisahkan sedangkan fasa internal merupakan fasa penerima spesies yang telah dipisahkan setelah melewati membran cair (Bartsch & Way, 1996).

Ada tiga jenis mekanisme transfer massa yang terjadi dalam sistem emulsi membran cair, yaitu difusi, difusi yang diikuti dengan reaksi dalam fasa internal dan difusi dengan reaksi dalam membran. Pada penelitian ini mekanisme yang digunakan adalah mekanisme transfer massa dengan difusi dan reaksi kimia dalam membran. Mekanisme ini umumnya digunakan untuk pemisahan ion logam, misalnya ekstraksi timbal dari limbah cair oleh Gurel, dkk. (2005), pemisahan perak dari limbah cair fotografi oleh Othman, dkk. (2006) dan ekstraksi tembaga dari limbah cair oleh Mohamed & Ibrahim (2012), dan didasarkan pada reaksi yang terjadi antara ion logam misalnya M^{2+} dengan pereaksi HR (zat pembawa) yang dilarutkan dalam membran. Mekanisme transfer massa ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Mekanisme reaksi transfer massa melalui difusi dalam fasa membran

Pada Gambar 1 terlihat bahwa adanya pengadukan menyebabkan terjadinya reaksi pada permukaan luar membran antara M^{2+} dengan zat pembawa ini, membentuk kompleks MR_2 yang larut baik dalam membran. Kemudian kompleks ini berdifusi di dalam membran cair menuju fasa internal. Oleh karena adanya zat pembebas di dalam fasa internal, maka M^{2+} akan dilepaskan dari senyawa kompleksnya pada permukaan dalam membran selanjutnya zat pembawa HR yang telah melepaskan

M^{2+} tersebut akan berdifusi kembali ke permukaan luar membran untuk membentuk kompleks yang baru dengan M^{2+} lainnya. Akibatnya, konsentrasi kompleks pada permukaan dalam fasa membran menjadi sangat kecil sehingga menyebabkan terjadinya gradien konsentrasi kompleks pada permukaan luar dan permukaan dalam. Keadaan ini menyebabkan laju difusi kompleks dalam fasa membran menjadi besar, yang berarti mempercepat laju ekstraksi (Hamzah dkk., 2011).

Tulisan ini dimaksudkan untuk mengurai konsentrasi larutan HCl dalam fase internal yang memberikan persen ekstraksi optimum pada ekstraksi ion merkuri dalam larutan dengan menggunakan teknik emulsi membran cair serta menentukan konsentrasi larutan ion merkuri yang menghasilkan persen ekstraksi optimum.

Metode

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan berupa spektrofotometer UV-Vis Perkin Elmer Lambda 25, kuvet, gelas kimia, labu ukur, pipet volume, karet penghisap, neraca digital, pipet tetes, corong pisah, statif dan klem, spatula, batang pengaduk, gelas ukur, wadah plastik, pH meter, Cimarec Stirring Hot plate dan magnetic stirrer.

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini meliputi: kristal $HgCl_2$ (E. Merck), benzoil aseton (Merck Schuchardt OHG), span 20 (Merck Schuchardt OHG), span 80 (Merck Schuchardt OHG), kerosen, aquades, asam klorida (Merck), ditizone dalam CCl_4 .

Prosedur Kerja

Variasi konsentrasi HCl terhadap persen ekstraksi ion merkuri

Emulsi dibuat dengan mencampurkan fasa membran (0,015 M benzoil aseton dan 2% surfaktan campuran) dengan fasa internal yang mengandung larutan HCl dengan perbandingan volume 2 : 2 dengan kecepatan emulsifikasi pada skala 10 selama 10 menit. Variasi konsentrasi larutan HCl yang digunakan yaitu 0,5 M, 1 M, 1,5 M, 2 M dan 2,5 M. Sebanyak 30 mL emulsi yang terbentuk ditambahkan kedalam 150 mL larutan ion merkuri 20 ppm dengan pH 2. Proses ekstraksi ini dilakukan dengan kecepatan pengadukkan dengan kecepatan pada skala 1,5 selama 10 menit. Setelah proses ekstraksi, fasa eksternal dipisahkan dari emulsi menggunakan corong pemisah. Sisa ion merkuri yang masih berada dalam fasa eksternal diukur dengan menggunakan spektrofotometri UV-Vis. Perbandingan volume fasa membran dan fasa internal yang dapat menghasilkan persen ekstraksi ion merkuri terbesar akan digunakan pada perlakuan selanjutnya (Astuti, 2014).

Variasi konsentrasi larutan ion merkuri terhadap persen ekstraksi ion merkuri

Prosedurnya sama dengan prosedur sebelumnya yakni dimulai dari pembuatan emulsi membran cair.

Emulsi yang telah dibuat, selanjutnya dicampurkan dengan fasa eksternal yang mengandung larutan ion merkuri (pH 2) dengan menggunakan perbandingan volume antara emulsi dengan fasa eksternal yang menghasilkan persen ekstraksi maksimum pada prosedur sebelumnya. Adapun variasi konsentrasi larutan ion merkuri yang digunakan yaitu 15 ppm, 20 ppm, 25 ppm, dan 30 ppm. Kemudian melakukan ekstraksi dengan pengadukan pada skala 1,5 selama 10 menit. Setelah proses ekstraksi, sisa ion merkuri yang masih berada dalam fasa eksternal diukur konsentrasinya dengan menggunakan spektrofotometri UV-Vis. Sehingga diperoleh persen ekstraksi maksimum pada variasi konsentrasi larutan ion merkuri, sehingga diperoleh kondisi optimum ekstraksi ion merkuri menggunakan teknik emulsi membran cair (Alam, dkk, 2014).

Analisis kandungan merkuri yang tersisa pada fasa eksternal

Sampel hasil ekstraksi masing-masing diencerkan dengan aquades hingga pengenceran 10 kali. Sampel hasil pengenceran kemudian ditambahkan larutan ditizone 0,001% dalam CCl₄ sebanyak 5 mL (suasana asam) secara perlahan sambil mengaduknya hingga diperoleh warna yang stabil. Larutan yang terbentuk terdiri dari dua lapisan sehingga perlu dipisahkan dengan corong pisah. Fasa yang dianalisis merupakan fasa organik yang berwarna orange. Larutan standar yang digunakan yaitu larutan Hg(II) dengan konsentrasi 0,15; 0,25; 0,35 dan 0,5 ppm. Penentuan konsentrasi sampel didasarkan pada persamaan regresi deret standar dengan menggunakan instrumen spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 490 nm (Cahayani, 2014).

Analisa data

Penentuan besarnya persen ekstraksi ion merkuri yang berhasil terekstrak ke dalam fasa membran (kerosene), maka dilakukan pengukuran terhadap banyaknya ion merkuri yang masih tersisa dalam fasa eksternal dengan menggunakan alat spektrofotometer sinar tampak. Maka pada penelitian ini digunakan persamaan dari Chang dkk., (2009) yang dimodifikasi untuk menghitung persen ekstraksi Hg(II) sebagai berikut:

$$\% E = \frac{[\text{Hg}]_{\text{awal}} - [\text{Hg}]_{\text{akhir}}}{[\text{Hg}]_{\text{awal}}} \times 100\%$$

dimana: % E adalah persen ekstraksi; [Hg]_{awal} adalah konsentrasi awal ion merkuri dalam larutan (fasa eksternal); [Hg]_{akhir} adalah konsentrasi akhir ion merkuri dalam larutan (fasa eksternal).

Hasil dan Pembahasan

Teknik Emulsi membran cair merupakan salah satu dari tiga teknik ekstraksi menggunakan membran cair. Emulsi membran cair adalah suatu teknik pemisahan proses maju yang dapat digunakan untuk pemisahan selektif dan pungut ulang dengan

mengkonsentrasikan zat terlarut yang diinginkan ke fasa internal membran. Teknik ini merupakan teknik ekstraksi dalam tiga fasa yaitu fasa yang di dalamnya terlarut material yang akan dipisahkan biasa disebut fasa eksternal, fasa membran yang mengandung larutan pengeksktrak dalam pelarut organik aromatis/alifatik dan fasa internal yang mengandung larutan untuk proses re-ekstraksi (Prayitno, 2000).

Penelitian ini akan memisahkan ion logam merkuri dari larutannya dengan menggunakan teknik emulsi membran cair. Pembuatan emulsi dilakukan dengan mencampurkan fasa membran dan fasa internal dengan bantuan surfaktan. Fasa membran yang digunakan yaitu kerosen dengan larutan HCl sebagai fasa internal serta Span-80 dan Span-20 sebagai surfaktannya.

Pemilihan surfaktan didasarkan pada nilai HB butuh minyak yang digunakan. Kerosen memiliki nilai HLB butuh 6 untuk tipe W/O, sehingga surfaktan yang digunakan harus memiliki nilai HLB yang sama atau mendekati nilai HLB 6. Span-80 memiliki nilai HLB 4,3 dan Span-20 memiliki nilai HLB 8,6. Span-80 dan Span-20 yang digunakan pada penelitian ini yaitu 2%, hal ini didasarkan pada penelitian sebelumnya bahwa konsentrasi surfaktan span-80 dan Span-20 yang menghasilkan persen ekstraksi terbesar yaitu pada konsentrasi 2%. Pembuatan emulsi ini dilakukan dengan proses pengadukkan pada skala 10 selama 10 menit.

Ekstraksi dilakukan dengan mencampurkan 30 mL emulsi dan 150 mL larutan ion merkuri 20 ppm. Hasil penelitian, perbandingan volume emulsi dan larutan sampel pada ekstraksi dengan teknik emulsi membran cair yaitu 1 : 5. Larutan sampel ion merkuri yang digunakan berada pada pH 2,0 dan konsentrasi benzoil aseton yang merkuri adalah 0,02 M. Proses ekstraksi dilakukan dengan pengadukan pada skala 1,5 selama 10 menit.

Pada penelitian ini, larutan kompleks yang diperoleh selanjutnya dianalisis menggunakan instrumen spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 490 nm (Prastiva, 2014). Penentuan konsentrasi sampel nantinya akan didasarkan pada persamaan regresi dari deret absorbansi larutan standar. Berdasarkan data hasil pengukuran maka diperoleh nilai koefisien korelasi yaitu 0,884 dimana nilai koefisien korelasi yang mendekati 1 menunjukkan adanya hubungan yang linear antara absorbansi yang terukur dengan konsentrasi.

Variasi konsentrasi HCl terhadap persen ekstraksi ion merkuri

Konsentrasi HCl sebagai fasa internal juga merupakan faktor yang mempengaruhi kestabilan emulsi. HCl dalam fasa internal berfungsi sebagai zat pembebas yang akan membebaskan ion logam merkuri dari ikatan kompleksnya dengan zat pengkkelat. Pembebasan ion merkuri dilakukan dengan cara memutuskan ikatan antara ion merkuri dengan zat pengkkelat (benzoil aseton). Ion merkuri yang terlepas akan terperangkap dalam fasa internal. Pembebasan ion logam merkuri oleh ion hidrogen

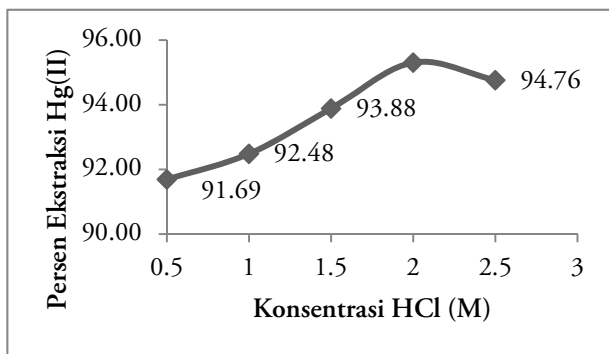
hanya dapat terjadi jika konsentrasi ion hidrogen dalam fasa internal lebih besar dibandingkan dengan konsentrasi ion hidrogen yang berada pada fasa eksternal (Astuti, 2014)

Pada penelitian ini, konsentrasi HCl yang digunakan yaitu 0,5 M, 1 M, 1,5 M, 2 M dan 2,5 M. Data hasil persen ekstraksi ion merkuri yang diperoleh dari variasi konsentrasi HCl tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Hasil Pengukuran Variasi Konsentrasi HCl

No	Konsentrasi HCl (M)	Abs. Sampel	Konsentrasi Merkuri Pengenceran (ppm)	Konsentrasi Merkuri Sebelum Pengenceran (ppm)	Konsentrasi Merkuri Awal (ppm)	% Ekstraksi
1	0,5	0,772	0,332	1,661	20	91,69
2	1	0,7011	0,301	1,504	20	92,48
3	1,5	0,5752	0,245	1,223	20	93,88
4	2	0,4475	0,188	0,939	20	95,31
5	2,5	0,4965	0,210	1,048	20	94,76

Berdasarkan data tersebut maka diperoleh kurva hubungan konsentrasi HCl dengan persen ekstraksi ion merkuri seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Kurva hubungan antara konsentrasi HCl terhadap persen ekstraksi Hg(II)

Kurva pada Gambar 2 menunjukkan bahwa ekstraksi ion merkuri akan berlangsung dengan baik apabila konsentrasi HCl dalam fasa internal lebih besar dari 0,5 M hingga 2 M. Pada konsentrasi HCl 2,5 M terlihat bahwa persen ekstraksi mulai berkurang dari 95,31% dan turun hingga 94,76%. Penurunan persen ekstraksi ini disebabkan karena terjadinya reaksi antara HCl dan surfaktan yang melibatkan reduksi sifat-sifat surfaktan sehingga berakibat pada destabilisasi emulsi (Gasser dkk., 2008).

Perbedaan persen ekstraksi yang diperoleh ini dapat disebabkan karena semakin tinggi konsentrasi HCl maka konsentrasi ion hidrogen dalam fasa internal akan semakin besar pula sehingga akan lebih mudah untuk memutuskan ikatan kompleks. Semakin kecil konsentrasi ion hidrogen dalam fasa internal maka konsentrasi ion logam yang terperangkap di dalam fasa internal akan semakin kecil pula. Hal ini mengakibatkan kesetimbangan akan lebih mudah tercapai walaupun belum seluruh

ion logam berpindah ke fasa internal. Keadaan ini akan membuat persen ekstraksi ion logam akan semakin kecil. Selain itu, pada konsentrasi HCl 2,5 M persen ekstraksi ion merkuri relatif tidak mengalami peningkatan lagi karena pada keadaan ini seluruh ikatan kompleks telah habis terputus (Astuti, 2014).

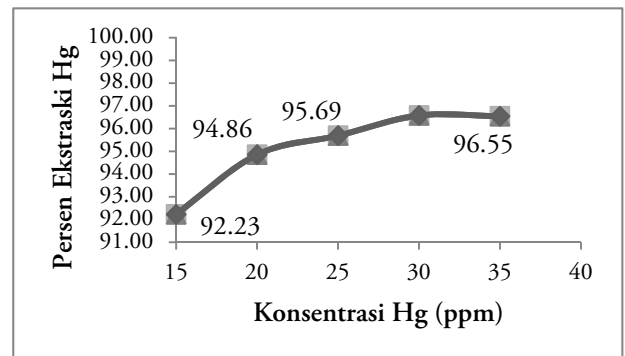
Variasi konsentrasi ion merkuri terhadap persen ekstraksi ion merkuri

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan kapasitas ekstraksi ion merkuri dengan teknik emulsi membran cair. Untuk itu konsentrasi ion merkuri divariasikan: 15 ppm, 20 ppm, 25 ppm dan 30 ppm. Dalam pengujian ini, pembuatan emulsi dan ekstraksi dilakukan dengan menggunakan kondisi optimum yang telah diperoleh pada percobaan-percobaan sebelumnya. Data hasil persen ekstraksi ion merkuri yang diperoleh dari variasi konsentrasi ion merkuri tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Data hasil pengukuran variasi konsentrasi ion merkuri

No	Konsentrasi Merkuri (ppm)	Abs. Sampel	Konsentrasi Merkuri Pengenceran (ppm)	Konsentrasi Merkuri Sebelum Pengenceran (ppm)	Konsentrasi Merkuri Awal (ppm)	% Ekstraksi
1	15	0,5492	0,233	1,165	15	92,23
2	20	0,488	0,206	1,029	20	94,86
3	25	0,5094	0,215	1,077	25	95,69
4	30	0,4867	0,205	1,026	30	96,58
5	35	0,5686	0,242	1,208	35	96,55

Berdasarkan data hasil percobaan seperti pada Tabel 2, maka diperoleh kurva hubungan antara konsentrasi ion merkuri terhadap persen ekstraksi ion merkuri seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Kurva hubungan konsentrasi larutan ion merkuri terhadap persen ekstraksi Hg(II)

Kurva pada Gambar 3 menunjukkan bahwa dengan kondisi optimum yang diperoleh ternyata ion merkuri relatif dapat diekstraksi dengan baik hingga konsentrasi 30 ppm, sedangkan pada konsentrasi di atas 30 ppm maka persen ekstraksi ion merkuri akan berkurang. Hal ini disebabkan karena kapasitas fasa

internal untuk menampung ion merkuri terbatas. Selama proses ekstraksi berlangsung, konsentrasi ion merkuri di dalam fasa internal meningkat. Keadaan ini menyebabkan konsentrasi ion kompleks pada permukaan dalam membran meningkat. Semakin besar konsentrasi ion merkuri dalam fasa internal, semakin besar pula konsentrasi ion kompleks pada permukaan dalam membran. Jika keadaan ini berlangsung terus, maka proses difusi kompleks akan terhenti (Hamzah, 2010).

Kesimpulan

Kondisi optimum pada ekstraksi ion merkuri dalam larutan dengan menggunakan emulsi membran cair diperoleh pada konsentrasi HCl_2 M dengan persen ekstraksi sebesar 95,31% dan konsentrasi larutan ion merkuri yang menghasilkan persen ekstraksi optimum yaitu pada konsentrasi 30 ppm dengan persen ekstraksi sebesar 96,58%.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada laboran Laboratorium FKIP Jurusan Pendidikan MIPA Program Studi Pendidikan Kimia Universitas Tadulako.

Referensi

- Alam, S., Hamzah, B., Nuryanti, S. & Nurbaya, S. (2014). Penentuan kondisi optimum ekstraksi ion timbal(II) menggunakan teknik emulsi membran cair. *Jurnal Akademika Kimia*, 3(2), 104-110.
- Astuti, W. (2014). *Variasi perbandingan volume fasa membran dan fasa internal serta konsentrasi HNO_3 dalam fasa internal terhadap ekstraksi ion timbal(II) menggunakan teknik emulsi membran cair*. Skripsi. Palu: Universitas Tadulako.
- Bartsch, R. A., & Way, J. D. (1996). Chemical separations with liquid membranes. *ACS Symposium Series*, 642, 1-2.
- Cahayani, A. D. (2014). *Pengujian metode spektrofotometri UV-Visible untuk penentuan Hg(II) dalam limbah cair laboratorium kimia analitik FMIPA UGM dengan pereaksi ditizon*. Skripsi. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Chang, S. H., Teng, T. T. & Ismail, N. (2009). Optimization of Cu(II) extraction from aqueous solution by soybean-oil-based organic solvent using response surface methodology. *Water Air Soil Pollution*, 217(3), 567-576.
- Gasser, M. S., El-Hefny, N. E. & Daoud, J. A. (2008). Extraction of Co(II) from aqueous solution using emulsion liquid membrane. *Journal of Hazardous Materials*, 151(2-3), 610-615.
- Gurel, L., Altas, L., & Buyukgungor, H. (2005). Removal of lead from wastewater using emulsion liquid membrane technique. *Environmental Engineering Science*, 22(4), 411-420.
- Hamzah, B. (2010). *Aplikasi 1-fenil-3-metil-4-benzoil-5-pirazolon sebagai pembawa kation pada ekstraksi ion tembaga(II) menggunakan teknik emulsi membran cair*. Disertasi. Makassar: Universitas Hasanuddin.
- Hamzah, B., Jalaluddin, N., Wahab, A. W. & Upe, A. (2011). Pengaruh ion kadmium(II) dan nikel(II) pada ekstraksi ion tembaga(II) dengan ekstrak 4-benzoil-1-fenil-3-metil-2-pirazolin-5-on menggunakan emulsi membran cair. *Jurnal Natur Indonesia*, 13(3), 269-275.
- Manahan, S. E. (2000). *Environmental chemistry, seventh edition*. London: Lewis Publishers London.
- Mohamed, Y. T., & Ibrahim, A. H. (2012). Extraction of copper from waste solution using liquid emulsion membrane. *Journal of Environmental Protection*, 3, 129-134.
- Othman, N., Mat, H. & Goto, M. (2006). Separation of silver from photographic wastes by emulsion liquid membrane system. *Membrane Science*, 282(1-2), 171-177.
- Prastiva, A. (2014). *Analisis ion Hg(II) dalam krim pemutih secara spektrofotometri UV-Vis*. Skripsi. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Prayitno, D. S. (2000). Penurunan kadar merkuri pada limbah cair dengan teknik membran emulsi cair. *Prosiding Presentasi Ilmiah Keselamatan Radiasi dan Lingkungan VIII*.
- Rimjhim, J., Kumar, S. S., Uma, A., Saurabh, K., & Neha, S. (2013). Mercury toxicity and its management. *International Research Journal of Pharmacy*, 4(8), 38-41.
- Vouck. (1986). *General chemistry of metal. Handbook on the toxicology of metal*. New York: Elsevier.