

PENENTUAN KONDISI OPTIMUM EKSTRAKSI ION TIMBAL(II) MENGUNAKAN TEKNIK EMULSI MEMBRAN CAIR

Determination of Optimum Condition of Extraction Lead(II) Ion Using Liquid Membrane Emulsion Technique

***Baharuddin Hamzah, Syamsu Alam, Siti Nuryanti dan Siti Nurbaya**

Pendidikan Kimia/FKIP - University of Tadulako, Palu - Indonesia 94118

Received 16 April 2014, Revised 19 May 2014, Accepted 20 May 2014

Abstract

A research on the extraction of lead(II) ion has been done using emulsion liquid membrane technique. This research used a laboratory experiment method by using benzoyl acetone as a carrier, paraffin liquid as the membrane, a solution of nitric acid as an internal phase, Span-80 as surfactant, and a solution of lead(II) as the sample solution. This research was conducted to determine the optimum extraction condition of lead(II) ions in solution which includes a volume ratio of emulsion to external phase and extraction capacity of lead(II) ion by emulsion liquid membrane technique. The volume ratio of emulsion to external phase used was 1:5, 1:6, 1:7, and 1:8. While the variation of concentration of lead(II) used was 220 ppm, 434 ppm, 695 ppm, and 817 ppm. The determination of the concentration of lead(II) ions in external phase is done by using a spectrophotometer SpectroDirect. The results of this research showed that the volume ratio of emulsion to external phase were in the maximum extraction percentage; 1:6 ratio. Moreover, the concentration of lead(II) were in maximum extraction percentage of 220 ppm with extraction percentage of 56.36%.

Keywords: Extraction, Lead(II) Ion, Emulsion Liquid Membrane, Benzoyl Acetone

Pendahuluan

Timbal (Pb) merupakan salah satu jenis logam berat yang memiliki tingkat toksisitas tinggi. Walaupun kandungan timbal di perairan rendah akan tetapi timbal dapat terakumulasi di dalam tubuh dan tetap tinggal dalam jangka waktu yang lama sehingga bersifat sebagai racun (Herlina & Wulandari, 2012). Timbal dalam tubuh dengan jumlah yang banyak akan menyebabkan gangguan-gangguan pada organ tubuh di antaranya yaitu gangguan neurologi (susunan syaraf), gangguan terhadap fungsi ginjal, gangguan terhadap sistem reproduksi, dan gangguan terhadap sistem hemopoetik, serta gangguan terhadap sistem syaraf (Sudarmaji dkk., 2006).

Timbal bersumber dari limbah berbagai macam industri dan juga hasil pembakaran bahan tambahan (aditif) Pb pada bahan bakar kendaraan bermotor menghasilkan emisi Pb. Pb yang bercampur dengan bahan bakar tersebut akan bercampur dengan oli melalui proses di dalam mesin dan keluar dari knalpot

bersama dengan gas buang lainnya (Sudarmaji dkk., 2006). Logam Pb secara luas digunakan oleh masyarakat terutama pada industri cat, bahan pengkilap keramik, bahan insektisida, pembangkit listrik tenaga panas, industri pelapisan logam, industri bahan bakar untuk ditambahkan ke dalam bensin, industri baterai, pengecoran maupun pemurnian dan industri kimia lainnya (Safrianti dkk., 2012). Besarnya manfaat logam timbal khususnya dalam kebutuhan berbagai macam industri, maka perlu dikembangkan metode ekstraksi untuk memperoleh kembali logam tersebut dari limbah cair. Namun teknik ekstraksi pelarut biasa akan memerlukan jumlah ekstraktan yang banyak dan memerlukan waktu yang cukup lama (Djunaidi & Haris, 2003).

Teknik pemisahan yang masih berkembang hingga kini adalah teknik yang berdasarkan membran cair. Teknik emulsi membran cair dikenal sebagai sistem emulsi ganda. Teknik ini memberikan jangkauan aplikasi yang luas dan potensial karena karakteristiknya, seperti kemudahan dalam pengoperasiannya, biaya operasional yang relatif lebih murah dan efisien (tahap ekstraksi dan ekstraksi balik terjadi dalam satu tahap) dengan selektivitas

*Korespondensi:

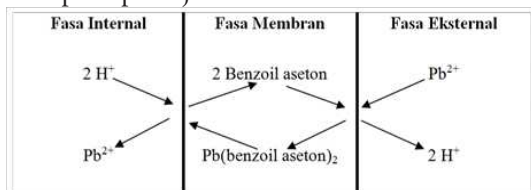
B. Hamzah

Program Studi Pendidikan kimia, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Tadulako
email: hamzahhb@yahoo.com

© 2014 - Program Studi Pendidikan Kimia Universitas Tadulako

yang tinggi, serta memerlukan waktu ekstraksi yang cepat (Hamzah dkk., 2011). Teknik ini telah digunakan oleh banyak peneliti dalam pemisahan (ekstraksi) berbagai macam jenis senyawa maupun logam (Basuki, 2008; Djunaidi dkk., 2010; Gheorge dkk., 2008; Hadikawuryan, 2005; Hamzah dkk., 2011; Hartati & Yulianto, 2007; Ismuyanto, 2012; Kargari dkk., 2004; Kondo & Matsumoto, 1998; Othman dkk., 2006; Praipruke dkk., 2012; Putrawan, 2012; Sujalmi dkk., 1999; Tuljannah, 2013; Valenzuela dkk., 2009).

Mekanisme ekstraksi pada teknik membran cair yaitu molekul atau ion yang akan diekstraksi mula-mula berada pada fasa eksternal dan akan berdifusi menuju fasa internal melalui fasa membran dengan bantuan molekul pembawa yang terlarut (pengkelat) dalam fasa membran. Pada Gambar 1 terlihat bahwa pengadukan ion logam Pb^{2+} yang berada pada fasa eksternal akan bereaksi dengan senyawa pengkelat (zat pembawa) benzoil aseton pada permukaan luar fasa membran membentuk kompleks $Pb(benzoil\ aseton)_2$ yang dapat larut dalam fasa membran. Pengadukan yang terus menerus mengakibatkan kompleks yang terbentuk akan berdifusi menuju fasa internal. Dengan adanya zat pembebas (asam kuat) di dalam fasa internal, maka ion Pb^{2+} akan dilepaskan dari senyawa kompleksnya pada permukaan dalam membran, selanjutnya zat pembawa benzoil aseton yang telah melepaskan ion Pb^{2+} tersebut akan berdifusi kembali ke permukaan luar membran untuk membentuk kompleks yang baru dengan ion Pb^{2+} lainnya. Pada proses ini mengakibatkan konsentrasi kompleks pada permukaan dalam fasa membran menjadi sangat kecil sehingga menyebabkan terjadinya gradien konsentrasi kompleks pada permukaan luar dan permukaan dalam membran. Keadaan ini menyebabkan laju difusi kompleks dalam fasa membran menjadi besar, sehingga mempercepat laju ekstraksi.

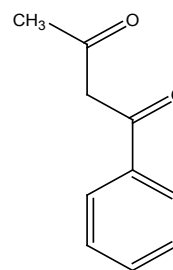


Gambar 1. Mekanisme Transfer Ion Timbal(II) dalam Emulsi Membran Cair (Hamzah dkk.,

2011)

Konsentrasi zat pembawa (pengkelat) pada teknik ini umumnya cukup tinggi (hingga 20%), sehingga kurang efisien dan relatif tidak ekonomis. Oleh karena itu, dibutuhkan suatu

pengkelat yang penggunaannya lebih sedikit dan lebih efisien. Alternatif senyawa pengkelat yang digunakan adalah benzoil aseton, karena benzoil aseton dapat membentuk senyawa kompleks kelat dengan ion timbal(II) yang mantap walaupun dengan konsentrasi yang kecil. Selain itu, jika dilihat dari strukturnya (Gambar 2) maka senyawa ini memiliki pasangan elektron yang terletak pada gugus atom oksigen yang dapat membentuk kompleks kelat dengan ion logam timbal(II) dengan membentuk ikatan kovalen koordinat.



Gambar 2. Struktur Kimia Benzoil Aseton (Chemspider, 2008)

Teknik emulsi membran cair sangat selektif dalam memisahkan ion-ion logam, terutama dalam menentukan kondisi optimum ekstraksi suatu logam. Ekstraksi suatu logam menggunakan teknik emulsi membran cair dipengaruhi oleh beberapa faktor atau variabel yang mendukung, diantaranya adalah konsentrasi larutan dalam fasa internal (Sulaeman dkk., 2006), konsentrasi zat pembawa (Hamzah, 2002), konsentrasi surfaktan (Hamzah, 2010), waktu ekstraksi (Untartiningsih, 2005), perbandingan volume fasa membran dengan fasa internal (Widodo & Djunaidi, 2002), laju pengadukan dan lama waktu pengadukan (Sujalmi dkk., 1999), pH fasa eksternal (Djunaidi & Haris, 2003), perbandingan volume emulsi dengan fasa eksternal (Santoso dkk., 2007), dan konsentrasi larutan sampel logam atau senyawa (Tuljannah, 2013). Namun pada penelitian ini, variabel yang akan digunakan untuk menentukan kondisi optimum ekstraksi ion timbal(II) dalam larutan ion timbal(II) adalah variasi perbandingan volume emulsi dan fasa eksternal serta variasi konsentrasi ion timbal(II).

Metode

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Tadulako. Peralatan yang digunakan pada penelitian ini yaitu Spektrofotometer

spektrodirekt "Lovibond", vial, gelas kimia, labu ukur, gelas ukur, neraca analitik "Adam", spatula, batang pengaduk, Magnetic Stirrer, wadah plastik, Cimarec Stirring and Hot Plates, pipet volum, karet pengisap, pipet tetes, statif dan klem, dan corong pisah. Sedangkan bahan yang digunakan yaitu kristal $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, larutan HNO_3 2 M, larutan HNO_3 0,01 M, reagen Pb-1, reagen Pb-2, span-80, parafin cair, benzoil aseton, dan aquades.

Pembuatan emulsi membran cair dilakukan dengan mencampurkan fasa membran dengan fasa internal dengan perbandingan 1:1. Fasa membran mengandung 0,1 gram benzoil aseton, 15 mL parafin cair dan 1,2 gram span-80, sedangkan fasa internal mengandung 15 mL larutan HNO_3 2 M. Proses pembuatan emulsi dilakukan dengan pengocokan menggunakan Cimarec stirring and Hotplate pada angka 10 selama 10 menit.

Variasi Perbandingan Volume antara Emulsi dengan Fasa Eksternal terhadap Persen Ekstraksi Ion Timbal(II)

Emulsi yang telah dibuat, selanjutnya dicampurkan dengan fasa eksternal yang mengandung larutan ion timbal(II) 500 ppm (pH 2) dengan perbandingan volume ($V_{\text{emulsi}}:V_{\text{eksternal}}$) yakni 1:5, 1:6, 1:7 dan 1:8. Kemudian melakukan ekstraksi selama 10 menit menggunakan Cimarec stirring and Hotplate pada angka 5. Setelah proses ekstraksi, sisa ion timbal(II) yang masih berada dalam fasa eksternal diukur konsentrasinya menggunakan Spectrodirekt. Perbandingan volume antara emulsi dengan fasa eksternal yang dapat menghasilkan persen ekstraksi maksimum ion timbal(II) sebagai kondisi optimum akan digunakan pada perlakuan selanjutnya yakni variasi konsentrasi larutan ion timbal(II).

Variasi Konsentrasi Larutan Ion Timbal(II) terhadap Persen Ekstraksi Ion Timbal(II)

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 timbal(II) (pH 2) dengan menggunakan perbandingan volume antara emulsi dengan fasa eksternal yang menghasilkan persen ekstraksi maksimum pada prosedur sebelumnya. Adapun variasi konsentrasi larutan ion timbal(II) yang digunakan yaitu 250 ppm, 500 ppm, 750 ppm, dan 1000 ppm. Kemudian melakukan ekstraksi selama 10 menit menggunakan Cimarec stirring and Hotplate pada angka 5.

Setelah proses ekstraksi, sisa ion timbal(II) yang masih berada dalam fasa eksternal diukur konsentrasinya menggunakan spectrodirekt. Sehingga diperoleh persen ekstraksi maksimum pada variasi konsentrasi larutan ion timbal(II), sehingga diperoleh kondisi optimum ekstraksi ion timbal(II) menggunakan teknik emulsi membran cair.

Analisa Data

Penentuan besarnya persen ekstraksi ion timbal(II) yang berhasil terekstrak ke dalam fasa membran (parafin cair), maka dilakukan pengukuran terhadap banyaknya ion timbal(II) yang masih tersisah dalam fasa eksternal dengan menggunakan alat Spektrodirekt. Untuk mengetahui besarnya persen ekstraksi ion timbal(II) yang diperoleh pada penelitian ini digunakan persamaan sebagai berikut:

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

dimana % E = persen ekstraksi; $[\text{Pb}]_{\text{awal}}$ = konsentrasi awal ion timbal(II) dalam larutan (fasa eksternal); dan $[\text{Pb}]_{\text{akhir}}$ = konsentrasi akhir ion timbal(II) dalam larutan (fasa eksternal)

Hasil dan Pembahasan

Data hasil pengukuran konsentrasi Pb(II) dalam fasa eksternal pada variasi perbandingan volume antara emulsi dengan fasa eksternal disajikan pada Tabel 1 sementara data hasil pengukuran konsentrasi Pb(II) dalam fasa eksternal pada variasi konsentrasi larutan Pb(II) disajikan pada Tabel 2.

Variasi Perbandingan Volume antara Emulsi dengan Fasa Eksternal terhadap Persen Ekstraksi Ion Timbal(II)

Kondisi optimum ekstraksi ion timbal(II) pada perlakuan ini dapat ditentukan dengan memvariasikan perbandingan volume antara emulsi dengan fasa eksternal. Hal-hal yang dijaga konstan pada perlakuan ini adalah waktu ekstraksi, konsentrasi surfaktan, pH fasa eksternal, lama waktu emulsifikasi, serta kecepatan emulsifikasi. Proses ini diawali dengan pembuatan emulsi dengan menggunakan Sorbitan Mono-oleat (Span-80) sebagai surfaktan. Pemilihan surfaktan Span-80 pada penelitian ini karena kesesuaian nilai Hydrophile-Lipophile Balance (HLB) surfaktan dengan nilai HLB butuh minyak yang digunakan agar diperoleh emulsi yang stabil. Parafin cair memiliki nilai HLB

Tabel 1. Data Hasil Pengukuran Konsentrasi Pb(II) dalam Fasa Eksternal Setelah Ekstraksi pada Variasi Perbandingan Volume antara Emulsi dengan Fasa Eksternal terhadap Persen Ekstraksi Ion Timbal(II)

No	Perbandingan Volume Emulsi dan Fasa Eksternal (mL _{emulsi} : mL _{eksternal})	Konsentrasi Ion Pb(II) dalam Fasa Eksternal (ppm)	Rata-rata Persen Ekstraksi (%)
1	1:5	204	50,48
2	1:6	193	53,15
3	1:7	209	49,27
4	1:8	230	44,17

Tabel 2. Data Hasil Pengukuran Konsentrasi Pb(II) dalam Fasa Eksternal Setelah Ekstraksi pada Variasi Konsentrasi Larutan Ion Timbal(II) terhadap Persen Ekstraksi Ion Timbal(II)

No	Konsentrasi Larutan Pb(II) Awal (ppm)	Konsentrasi Ion Pb(II) dalam Fasa Eksternal (ppm)	Rata-rata Persen Ekstraksi (%)
1	220	96	56,36
2	434	204	52,99
3	695	391	43,74
4	817	485	40,64

butuh sebesar 4,0 untuk tipe W/O, sehingga diperlukan surfaktan yang memiliki nilai HLB yang mendekati nilai HLB butuh tersebut yakni surfaktan Span-80 yang memiliki nilai HLB sebesar 4,3 (Hamzah, 2010). Setelah terbentuk emulsi, sebanyak 30 mL emulsi dicampurkan dengan 180 mL larutan Pb(II) 434 ppm (fasa eksternal), dengan menggunakan pH 2. Kontrol pH perlu dilakukan pada rentang pH 2-4, karena pada pH larutan di bawah pH 2 dan di atas pH 4 akan menghasilkan transpor (ekstraksi) tidak begitu baik (Sulaeman dkk., 2006). Hal ini dimaksudkan agar difusi kompleks tersebut di dalam membran berlangsung efektif. Oleh karena itu, ekstraksi dilakukan pada pH fasa eksternal yang relatif kecil agar diperoleh persen ekstraksi yang maksimum. Jika ekstraksi dilakukan pada pH yang lebih basa, maka persen ekstraksi yang diperoleh akan dapat mencapai 100%. Tingginya persen ekstraksi yang diperoleh bukan karena kesempurnaan ekstraksi namun disebabkan karena sebelum ekstraksi dilakukan, sudah banyak ion timbal(II) yang mengendap sebagai hidroksidanya, sehingga sisa ion timbal(II) yang masih terlarut dalam larutan praktis akan terekstraksi sempurna.

Proses dalam pembentukan kompleks, pada permukaan luar membran melibatkan pertukaran dua buah hidrogen dengan sebuah

ion timbal(II) (Gambar 1). Pembentukan kompleks diawali dengan reaksi antara ion timbal(II) yang berada dalam fasa eksternal dengan benzoil aseton yang berada dalam fasa membran dan reaksi ini terjadi dipermukaan luar membran. Kompleks Pb(benzoil aseton)₂ yang terbentuk kemudian akan berdifusi ke permukaan dalam membran. Di permukaan dalam membran, ion Pb²⁺ akan dilepaskan ke dalam fasa internal karena adanya HNO₃ dalam fasa internal yang berfungsi sebagai stripping agent. Benzoil aseton yang terbentuk kembali dalam fasa membran akan berdifusi ke permukaan luar membran untuk membentuk kompleks Pb(benzoil aseton)₂ yang baru.

Selama proses ekstraksi berlangsung, konsentrasi ion timbal(II) pada fasa eksternal semakin berkurang sementara konsentrasi benzoil aseton dalam membran tetap. Keadaan ini akan mengakibatkan jumlah kompleks Pb(benzoil aseton)₂ pada permukaan luar fasa membran berkurang.

Proses ekstraksi pada penelitian ini menggunakan laju ekstraksi yang rendah (pada skala 5 menggunakan Cimarec Stirring and Hotplates). Campuran yang diperoleh selanjutnya dimasukkan ke dalam corong pisah, dan dilakukan pengukuran terhadap kadar ion Pb(II) yang tersisa pada fasa eksternal, sehingga persen ekstraksi dapat ditentukan.

Hasil pengukuran konsentrasi yang tersisa dalam fasa eksternal menunjukkan bahwa perbandingan volume antara emulsi dengan fasa eksternal yang memberikan persen ekstraksi maksimum adalah 1:6 (Tabel 1). Pada kondisi ini emulsi terdispersi dengan baik di fasa eksternal. Seluruh butiran emulsi tersebar merata sehingga menjadikan permukaan membran luas. Jika permukaan membran luas, maka fluks akan meningkat. Peningkatan fluks akan meningkatkan persen ekstraksi (Santoso dkk., 2007). Kurva tersebut juga menunjukkan bahwa persen ekstraksi ion timbal(II) meningkat dengan bertambahnya $V_e:V_{eks}$ dari 1:8 sampai 1:6. Hal ini disebabkan karena pada perbandingan $V_e:V_{eks}$ yang lebih kecil dari 1:6, jumlah fasa internal yang terdapat dalam emulsi tidak cukup untuk menampung seluruh ion timbal(II) yang terdapat dalam fasa eksternal. Pada situasi ini ion timbal(II) telah mencapai konsentrasi kesetimbangannya di dalam fasa internal sebelum seluruh ion timbal(II) berpindah dari fasa eksternal ke fasa internal. Hal ini didasarkan pada penelitian sebelumnya bahwa persen ekstraksi ion tembaga(II) meningkat dengan bertambahnya $V_e:V_{eks}$ dari 1:9 sampai 1:7. Namun penggunaan $V_e:V_{eks}$ yang lebih besar dari kondisi optimum yakni 1:5, relatif tidak memberikan peningkatan persen ekstraksi bahkan persen ekstraksi cenderung berkurang (Hamzah, 2010). Hal ini disebabkan karena bertambahnya jumlah emulsi dapat berperan terhadap peningkatan pemecahan emulsi. Dengan peningkatan rasio volume emulsi, fenomena pengembangan menjadi lebih cepat disertai dengan penggetasan yang diikuti oleh penggabungan tetes-tetes fasa internal. Perilaku ini melibatkan peningkatan pemecahan emulsi, akibatnya persen ekstraksi akan berkurang (Hamzah, 2010).

Variasi Konsentrasi Larutan Ion Timbal(II) terhadap Persen Ekstraksi Ion Timbal(II)

Pengujian ini dilakukan dengan memvariasikan konsentrasi larutan timbal(II) untuk menentukan kapasitas ekstraksi ion timbal(II) dengan menggunakan teknik emulsi membran cair, yaitu 220 ppm, 434 ppm, 695 ppm, dan 817 ppm. Jumlah emulsi yang digunakan diperoleh pada pengujian sebelumnya yakni 1:6 (perbandingan volume emulsi dengan volume fasa eksternal pada kondisi optimum). Variabel-variabel lain dikontrol agar tetap konstan, yaitu perbandingan volume fasa membran dengan volume fasa internal, jumlah surfaktan yang digunakan, konsentrasi senyawa pengkelat, waktu dan kecepatan emulsifikasi,

pH fasa eksternal serta waktu dan kecepatan ekstraksi.

Hasil pengukuran konsentrasi yang tersisa pada fasa eksternal menunjukkan bahwa dengan kondisi optimum yang diperoleh ternyata ion timbal(II) relatif dapat diekstraksi dengan baik pada konsentrasi 220 ppm, sedangkan pada konsentrasi di atas 220 ppm maka persen ekstraksi ion timbal(II) akan berkurang (Tabel 2). Hal ini disebabkan karena kapasitas fasa internal untuk menampung ion timbal(II) terbatas. Selama proses ekstraksi berlangsung, konsentrasi ion timbal(II) di dalam fasa internal meningkat. Keadaan ini menyebabkan konsentrasi kompleks $Pb(benzoil\ aseton)_2$ pada permukaan dalam membran meningkat. Semakin besar konsentrasi ion timbal(II) dalam fasa internal, semakin besar pula konsentrasi kompleks $Pb(benzoil\ aseton)_2$ pada permukaan dalam membran. Jika keadaan ini berlangsung terus-menerus, maka proses difusi kompleks $Pb(benzoil\ aseton)_2$ akan terhenti (Hamzah, 2010).

Kesimpulan

Perbandingan volume emulsi dengan volume fasa eksternal yang menghasilkan persen ekstraksi maksimum pada ekstraksi ion timbal(II) menggunakan teknik emulsi membran cair yaitu pada perbandingan 1:6 dan konsentrasi larutan ion timbal(II) yang menghasilkan persen ekstraksi maksimum yaitu pada konsentrasi 220 ppm dengan persen ekstraksi sebesar 56,36%.

Ucapan Terima kasih

Ucapan terima kasih penulis berikan kepada laboran Laboratorium Agroteknologi FAPERTA Universitas Tadulako yang banyak membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.

Referensi

- Basuki, K. T. (2008). Mathematical modeling for the extraction of uranium and molybdenum with emulsion liquid membrane, including industrial application and cost evaluation of the uranium recovery. *Jurnal Forum Nuklir*, 2(1), 63-87.
- Chemspider. (2008). Benzoylacetone. Diunduh kembali dari www.chemspider.com/chemical-struktur.6898.html
- Djunaidi, M. C., & Haris, A. (2003). Pemisahan logam berat menggunakan membran cair berpendukung dengan variabel konsentrasi

- ion logam dan pH fasa umpan. *Jurnal Kimia Sains & Aplikasi*, 6(2).
- Djunaidi, M. C., Lusiana, R. A., Wibawa, P. J., Siswanta, D., & Jumina. (2010). Sintesis turunan polieugenol sebagai carrier bagi recovery logam berat dengan teknik membran cair. *Reaktor*, 13(1), 16-23.
- Gheorge, A., Stoica, A., & Floarea, O. (2008). Emulsion liquid membranes stability. *Universitatea Politehnica Bucuresti Scientific Bulletin*, 70(3), 23-30.
- Hadikawuryan, D. S. (2005). *Pemisahan logam perak(I) menggunakan membran cair emulsi (ELM) dengan pembawa sinergi*. Universitas Diponegoro Semarang, Semarang.
- Hamzah, B. (2002). Penggunaan 1,10-Fenantrolin sebagai zat penopeng pada ekstraksi kadmium dengan ditizon. *Marina Chimica Acta*, 3(2), 13-15.
- 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*. Universitas Hasanuddin Makassar, Makassar.
- 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. *Natur Indonesia*, 13(3), 269-275.
- Hartati, I., & Yulianto, M. E. (2007). The application of emulsion liquid membrane (ELM) on the chromium extraction. *Momentum*, 3(1), 28-33.
- Herlina, L., & Wulandari, M. (2012). Penentuan timbal(II) dalam sampel air dengan pengembangan metode ekstraksi fasa padat dan prakonsentrasi oleh ion imprinted polymers (IIPs). *Teknobiologi*, 3(2), 127-133.
- Ismuyanto, B. (2012). Pemanfaatan membran cair emulsi untuk menyisahkan ion nikel di limbah cair. *Natural B*, 1(3).
- Kargari, A., Kaghazchi, T., Sohrabi, M., & Soleimani, M. (2004). Batch extraction of gold(III) ions from aqueous solutions using emulsion liquid membrane via facilitated carrier transport. *Membrane Science*, 233(1-2), 1-10.
- Kondo, K., & Matsumoto, M. (1998). Separation and concentration of indium(III) by an emulsion liquid membrane containing diisostearylphosphoric acid as a mobile carrier. *Separation and Purification Technology*, 13(2), 109-115.
- 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.
- Praipruke, S., Kriausakul, K., & Tantayanon, S. (2012). Extraction of palladium from acidic chloride media into emulsion liquid membranes using LIX 984N-C. *Nonferrous Metallurgy*, 1, 13-22.
- Putrawan, I. D. G. A. (2012). Aqueous liquid membrane process for recovery of BTX aromatics. *Teknik Kimia Indonesia*, 11(1), 1-8.
- Safrianti, I., Wahyuni, N., & Zaharah, T. A. (2012). Adsorpsi timbal(II) oleh selulosa limbah jerami padi teraktivasi asam nitrat: pengaruh pH dan waktu kontak. *JKK*, 1(1), 1-7.
- Santoso, I., Buchari, Amran, M. B., & Sulaeman, A. (2007). Ekstraksi dan pemisahan penisilin G dari fenilasetat dengan teknik membran cair emulsi. *Jurnal Matematika dan Sains*, 12(3), 94-101.
- Sudarmaji, Mukono, J., & I.P., C. (2006). Toksikologi logam berat B3 dan dampaknya terhadap kesehatan. *Kesehatan Lingkungan*, 2(2), 129-142.
- Sujalmi, S., Supriyanto, & Astin. (1999). Analisis kadar vanilin dalam buah panili (*vanilla planifolia andrews*) olahan dengan teknik emulsi membran cair, spektrofotometri dan kromatografi cair kinerja tinggi. *Jurnal Matematika & Sains*, 4(2), 50-61.
- Sulaeman, A., Buchari, & Mardiana, U. (2006). Pemisahan serum dari mineral monasit dengan teknik slm bertingkat.

Kimia Indonesia, 1(1), 1-6.

Tuljannah, N. (2013). *Ekstraksi ion tembaga(II) dengan metode emulsi membran cair menggunakan ditizon sebagai pembawa kation*. Universitas Tadulako Palu, Palu.

Untartiningsih. (2005). *Teknik membran cair emulsi (emulsion liquid membrane) untuk pengambilan vanilin dari larutannya*. Universitas Diponegoro Semarang, Semarang. Diunduh kembali dari http://eprints.undip.ac.id/310913461k05_summary.pdf

Valenzuela, F., Araneda, C., Vargas, F., Basualto, C., & Sapag, J. (2009). Liquid membrane emulsion process for recovery the copper content of a mine drainage. *Chemical Engineering Research and Design*, 87(1), 102-108.

Widodo, D. S., & Djunaidi, M. C. (2002). *Teknik membran cair emulsi (ELM) untuk pemisahan selektif logam perak(I) dari limbahnya (limbah cuci/cetak foto, laboratorium dan elektroplating) dengan pengemban sinergi*. Universitas Diponegoro Semarang, Semarang.