

J. *Akademika Kim.* 3(4): 192-197, November 2014

ISSN 2302-6030

VARIASI KONSENTRASI SPAN-80 DAN pH FASA EKSTERNAL PADA EKSTRAKSI ION TIMBAL II DENGAN METODE EMULSI MEMBRAN CAIR

Variations of Span-80 Concentration and pH of the External Phase on Lead(II) Extraction Ion by Liquid Membrane Emulsion Method

*Syamsiar Masgul Djasman, Baharuddin Hamzah, dan Husnia

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

Received 10 October 2014, Revised 11 November 2014, Accepted 12 November 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 a surfactant, and lead(II) solution as the sample. This research was conducted to determine the optimum extraction condition of lead(II) ions in solution which includes the span-80 concentration variations (2 - 5%) and the pH of the external phase variations (2 - 4). Determination of the concentration of lead(II) ions in the external phase is done using a Spectro Direct. The results showed that the concentration of span-80 that produces a maximum extraction percentage is 3%. Moreover, the pH of the external phase which produces the maximum percentage extraction at pH 2 with extraction percentage of 74.36%.

Keywords: Extraction, lead(II) ion, liquid membrane emulsion, Benzoyl Acetone

Pendahuluan

Timbal (Pb) merupakan bahan toksik yang mudah terakumulasi dalam organ manusia dan dapat mengakibatkan gangguan kesehatan berupa anemia, gangguan fungsi ginjal, gangguan sistem syaraf, otak dan kulit. Pb yang masuk ke dalam tubuh dapat membentuk Pb-organik seperti tetra etil Pb dan Pb anorganik seperti oksida Pb (Payung dkk., 2013). Timbal (Pb) adalah salah satu bahan pencemar utama saat ini di lingkungan. Hal ini bisa terjadi karena sumber utama pencemaran timbal adalah dari emisi gas buang kendaraan bermotor. Timbal juga terdapat dalam limbah cair industri yang pada proses produksinya menggunakan timbal, seperti industri pembuatan baterai, industri cat, dan industri keramik.

Selain itu, timbal digunakan sebagai adiktif pada bahan bakar, khususnya bensin dimana bahan ini dapat memperbaiki mutu bakar. Bahan ini sebagai anti letup, pencegah

korosi, antioksidan, diaktifator logam, anti pengembunan dan zat pewarna. Berdasarkan kegunaan logam timbal tersebut, maka perlu dikembangkan metode ekstraksi untuk memperoleh kembali logam tersebut (Naria, 2005).

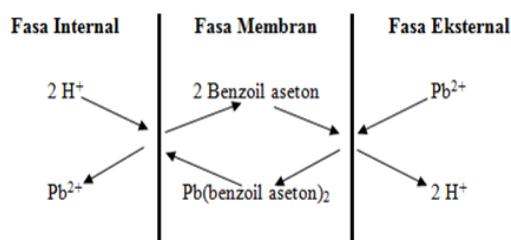
Teknik pengolahan limbah cair secara konvensional untuk memperoleh kembali logam-logam, seperti pengendapan dan penyaringan, selain selalu menghasilkan limbah padat yang masih membutuhkan proses pengolahan lebih lanjut, juga pereaksi yang digunakan secara berlebihan akan menjadi pencemar yang baru. Ekstraksi cair-cair untuk memperoleh kembali logam-logam merupakan alternatif lain, namun kurang ekonomis dan kurang efisien karena menggunakan beberapa tahap ekstraksi dan ekstraksi balik (Hamzah, 2010). Teknik pemisahan yang masih berkembang hingga kini adalah teknik yang berdasarkan membran cair. 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

*Correspondence:

Syamsiar Masgul Djasman
Program Studi Pendidikan Kimia, Fakultas Keguruan dan
Ilmu Pendidikan, Universitas Tadulako
email: syamsiarmasguljasman@gmail.com
Published by Universitas Tadulako 2014

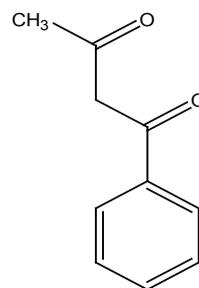
yang tinggi (Hamzah dkk., 2011). Teknik ini telah digunakan oleh banyak peneliti dalam pemisahan (ekstraksi) berbagai macam jenis senyawa maupun logam (Gheorghe dkk., 2008; Hamzah dkk., 2011; Ismuyanto, 2012; Kargari dkk., 2004; Kondo & Matsumoto, 1998; Othman dkk., 2006; Prayitno dkk., 1996; Prayitno dkk., 2000; Prayitno & Sardjono, 2000; Tuljannah, 2013; Valenzuela dkk., 2009).

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 yang telah dilakukan ini, mekanisme yang digunakan adalah mekanisme transfer massa melalui difusi dengan reaksi kimia dalam fasa 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). 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 $Pb(\text{benzoil aseton})_2$ 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



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

membentuk ikatan kovalen koordinat.

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, konsentrasi zat pembawa, waktu ekstraksi, perbandingan volume fasa membran dengan fasa internal, laju pengadukan dan lama waktu pengadukan, pH fasa eksternal, perbandingan

volume emulsi dengan fasa eksternal, dan konsentrasi larutan sampel logam atau senyawa (Tuljannah, 2013). Namun pada penelitian ini, variabel yang digunakan untuk menentukan kondisi optimum ekstraksi ion timbal(II) dalam larutan adalah variasi konsentrasi span-80 dan pH fasa eksternal.

Metode

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Tadulako. Peralatan yang digunakan pada penelitian ini yaitu Spektrofotometer spektrodirect (Lovibond), vial, gelas kimia, labu ukur, gelas ukur, neraca analitik (Adam), spatula, batang pengaduk, magnetic stirrer, wadah plastik, Cimarec Stirring and Hot Plates, pH meter (Istek), pipet tetes, statif dan klem, dan corong pisah. Sedangkan bahan yang digunakan yaitu Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu kristal $Pb(NO_3)_2$, larutan HNO_3 2 M, larutan HNO_3 0,01 M, larutan HNO_3 0,001 M, larutan HNO_3 0,0001 M, reagen Pb-1, reagen Pb-2, span-80, parafin cair, benzoil aseton, dan aquades.

Variasi Konsentrasi Span-80 terhadap Persen Ekstraksi Ion Timbal(II)

Pembuatan emulsi membran cair dilakukan dengan mencampurkan fasa membran dengan fasa internal dengan perbandingan 1:1. Fasa membran mengandung 0,0972 gram benzoil aseton, 15 mL parafin cair dan konsentrasi span-80 dengan variasi 2%, 3%, 4% dan 5%, 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. Emulsi yang telah dibuat, selanjutnya dicampurkan dengan fasa eksternal yang mengandung larutan ion timbal(II) 250 ppm (pH 2) dengan perbandingan volume yakni 1:6. 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 dengan menggunakan Spektrofotometer spectrodirect. Variasi konsentrasi Span-80 yang dapat menghasilkan persen ekstraksi maksimum ion timbal(II) sebagai kondisi optimum akan digunakan pada perlakuan selanjutnya yakni

variasi pH fasa eksternal.

Variasi pH Fasa Eksternal terhadap Persen Ekstraksi Ion Timbal(II)

Pembuatan emulsi membran cair dilakukan dengan mencampurkan fasa membran dengan fasa internal dengan perbandingan 1:1. Fasa membran mengandung 0,0972 gram benzoil aseton, 15 mL parafin cair dan konsentrasi span-80 yang diperoleh pada pengujian sebelumnya, 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. Emulsi yang telah dibuat, selanjutnya dicampurkan dengan fasa eksternal yang mengandung larutan ion timbal(II) 250 ppm dengan variasi pH 2, 3, dan 4 dan perbandingan volume yakni 1:6. 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 dengan menggunakan Spektrofotometer spectrodirect. Dan diperoleh persen ekstraksi maksimum pada variasi pH fasa eksternal, dan 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 Spektrofotometer Spektrodirect. Untuk mengetahui besarnya persen ekstraksi ion timbal(II) yang diperoleh pada penelitian ini digunakan persamaan sebagai berikut:

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

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

Hasil dan Pembahasan

Data hasil pengukuran konsentrasi Pb(II) dalam fasa eksternal pada variasi konsentrasi span-80 disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Hasil Pengukuran Konsentrasi Pb(II) dalam Fasa Eksternal Setelah Ekstraksi pada Variasi Konsentrasi Span-80 terhadap Persen Ekstraksi Ion Timbal(II)

No	Konsentrasi Span-80 (%)	[Pb] ²⁺ ppm		Rata-rata Persen Ekstraksi (%)
		Awal	Akhir (Rata-rata)	
1	2	238	102	57,14
2	3	238	76	68,06
3	4	238	95	60,08
4	5	238	97	59,24

Data hasil pengukuran konsentrasi Pb(II) dalam fasa eksternal pada variasi pH fasa eksternal disajikan pada Tabel 2.

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

No	pH Fasa Eksternal	[Pb] ²⁺ ppm		Rata-rata Persen Ekstraksi (%)
		Awal	Akhir (Rata-rata)	
1	2	238	61	74,36
2	3	238	107	55,04
3	4	238	115	51,68

Variasi Konsentrasi Span-80 terhadap Persen Ekstraksi Ion Timbal(II)

Kondisi optimum ekstraksi ion timbal(II) pada perlakuan ini ditentukan dengan memvariasikan konsentrasi span-80. 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 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) 250 ppm

(fasa eksternal), dengan menggunakan pH 2. Perbandingan volume emulsi dengan volume fasa eksternal dan konsentrasi larutan ion timbal(II) yang digunakan didasarkan pada penelitian Alam (2014) yang memperoleh hasil bahwa persen ekstraksi maksimum ion timbal(II) yakni pada perbandingan volume emulsi dengan volume fasa eksternal sebesar 1:6.

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 konsentrasi span-80 yang memberikan persen ekstraksi maksimum adalah 3% (Tabel 1). Tabel tersebut menunjukkan bahwa persen ekstraksi ion timbal(II) meningkat dengan bertambahnya konsentrasi surfaktan dalam fasa membran, yaitu dari 2% hingga 3%. Hal ini disebabkan karena peningkatan konsentrasi surfaktan menyebabkan turunya tegangan permukaan antara air dan parafin cair sehingga diperoleh emulsi yang makin stabil. Penambahan konsentrasi surfaktan yang lebih tinggi (4% hingga 5%), praktis tidak meningkatkan persen ekstraksi ion timbal(II). Hal ini karena besarnya konsentrasi surfaktan dalam membran akan meningkatkan viskositas emulsi, sehingga dapat memperlambat difusi kompleks dalam fasa membran (Tuljannah, 2013). Oleh karena itu, diinginkan suatu emulsi yang stabil dengan kekentalan yang sekecil mungkin yaitu dengan menggunakan konsentrasi span-80 3% dalam fasa membran.

Variasi pH Fasa Eksternal terhadap Persen Ekstraksi Ion Timbal(II)

Pengujian ini dilakukan dengan memvariasikan pH larutan sampel ion timbal(II) sebagai fasa eksternal untuk menentukan persen ekstraksi maksimum ion timbal(II). Konsentrasi surfaktan span-80 yang digunakan diperoleh pada pengujian sebelumnya yakni 3% (konsentrasi span-80 pada kondisi optimum). Jumlah emulsi yang digunakan adalah 1:6 (Ve:Veks) yakni kondisi optimum yang digunakan oleh Alam (2014). Hal-hal yang dijaga konstan yaitu waktu

emulsifikasi, kecepatan emulsifikasi, waktu ekstraksi, konsentrasi surfaktan, konsentrasi senyawa pengkelat, perbandingan volume emulsi dengan volume fasa eksternal, dan konsentrasi sampel.

Variasi pH fasa eksternal yang digunakan pada penelitian ini yaitu pH 2, 3 dan 4. Hal ini didasarkan pada penelitian Sulaeman dkk. (2006) bahwa kontrol pH dilakukan pada rentang 2-4, karena pada pH larutan di bawah pH 2 dan di atas pH 4 akan menghasilkan transpor (ekstraksi) tidak begitu baik. Hal ini dimaksudkan agar difusi kompleks tersebut di dalam membran berlangsung efektif.

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 $Pb(\text{benzoil aseton})_2$ yang terbentuk kemudian akan berdifusi ke permukaan dalam membran. Di permukaan dalam membran, ion Pb^{2+} akan dilepaskan ke dalam fasa internal karena adanya HNO_3 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 $Pb(\text{benzoil aseton})_2$ 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 $Pb(\text{benzoil aseton})_2$ pada permukaan luar fasa membran berkurang.

Hasil pengukuran konsentrasi yang tersisa dalam fasa eksternal menunjukkan bahwa ion timbal(II) relatif dapat diekstraksi dengan baik pada pH eksternal sebesar 2 (Tabel 2). Pada peningkatan pH hingga 4, persen ekstraksi ion timbal(II) relatif menurun. Oleh karena itu, ekstraksi dilakukan pada pH fasa eksternal yang relatif kecil agar diperoleh persen ekstraksi maksimum. Ekstraksi tidak dilakukan pada pH di atas 4 karena pada pH di atas 4, ion timbal(II) mulai mengalami pengendapan membentuk timbal(II) hidroksida. 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 (Hamzah, 2010).

Kesimpulan

Konsentrasi span-80 yang menghasilkan persen ekstraksi maksimum pada ekstraksi ion timbal(II) menggunakan teknik emulsi membran cair yaitu sebesar 3% dengan persen ekstraksi sebesar 68,06%. Dan pH fasa eksternal yang menghasilkan persen ekstraksi maksimum pada ekstraksi ion timbal(II) menggunakan teknik emulsi membran cair yaitu sebesar 2 dengan persen ekstraksi sebesar 74,36%.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Idha Kesuma Utami selaku laboran Laboratorium Agroteknologi FAPERTA Universitas Tadulako yang banyak membantu penulis dalam kegiatan lab.

Referensi

- Alam, S. (2014). Penentuan kondisi optimum ekstraksi ion timbal(II) menggunakan teknik emulsi membran cair. Universitas Tadulako, Palu.
- Chemspider. (2008). Benzoylacetone. Diunduh kembali dari www.chemspider.com/chemical-strukture.6898.html
- Gheorghe, A., Stoica, A., & Floarea, O. (2008). Emulsion liquid membranes stability. *U.P.B. Science Bulletin*, 70(3), 23-30.
- 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*. Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Hamzah, B., Jalaluddin, N., Wahab, A. W., & Upe, A. (2011). Pengaruh ion kadmium(II) dan nikel(II) pada ekstraksi ion tembaga(II) dengan ekstraktan 4-benzoil -1-fenil-3-metil- 2-pirazolin-5-on menggunakan emulsi membran cair. *Jurnal Natur*

- Indonesia*, 13(3), 269-275.
- Ismuyanto, B. (2012). Pemanfaatan membran cair emulsi untuk menyisihkan ion nikel di limbah cair *Natural B*, 1(3), 235-239.
- 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. *Journal of 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.
- Mohamed, Y. T., & Ibrahim, A. H. (2012). Extraction of copper from waste solution using liquid emulsion membrane *Journal of Environmental Protection*, 3, 129-134.
- Naria, E. (2005). Mewaspadai dampak bahan pencemar timbal (Pb) di lingkungan terhadap kesehatan. *Jurnal Komunikasi Penelitian*, 17(4), 66-72.
- 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.
- Payung, F. L., Ruslan, & Birawida, A. B. (2013). Studi kandungan dan distribusi spasial logam berat timbal (Pb) pada sedimen dan kerang (anadara sp) di wilayah pesisir kota makassar. Diunduh kembali dari http://repository.unhas.ac.id/bitstream/handle/123456789/5590/FEBRIANTI%20LOLO_STUDI%20KANDUNGAN_200613.pdf?sequence=1
- Prayitno, Basuki, K. T., & Raharjo. (1996). Pengambilan uranium dalam air limbah dengan teknik membran emulsi cair. Prosiding Pertemuan Persentasi Ilmiah, Yogyakarta.
- Prayitno, Sardjono, D., & Nurimaniwati. (2000). Pengaruh ekstrak toa, waktu pengadukan pada ekstraksi cair-cair dan membran cair untuk limbah cair yang mengandung Cd. Prosiding Pertemuan Persentasi Ilmiah, Yogyakarta.
- Prayitno, & Sardjono, D. (2000). Penurunan kadar merkuri pada limbah cair dengan teknik membran emulsi cair. Prosiding Pertemuan Persentasi Ilmiah, Yogyakarta.
- Sulaeman, A., Buchari, & Mardiana, U. (2006). Pemisahan serum dari mineral monasit dengan teknik SLM bertingkat. *Jurnal Kimia Indonesia*, 1(1), 1-6.
- Tuljannah, N. (2013). Ekstraksi ion tembaga(II) dengan metode emulsi membran cair menggunakan ditizon sebagai pembawa kation. Skripsi Universitas Tadulako, Palu.
- Valenzuela, F., Araneda, C., Vargas, F., Basualto, C., & Sapag, J. (2009). Liquid membrane emulsion process for recovering the copper content of a mine drainage. *Chemical Engineering Research and Design*, 87(1), 102-108.