

EKSTRAKSI ION TEMBAGA(II) DENGAN EMULSI MEMBRAN CAIR MENGUNAKAN DITIZON SEBAGAI PEMBAWA KATION

The Extraction of Copper(II) Ion With Liquid Membrane Emulsion by Using Dithizone as A Cation Carrier

*Baharuddin Hamzah, Naima Tuljannah, dan Diharnaini

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

Received 7 April 2013, Revised 13 May 2013, Accepted 14 May 2013

Abstract

The research regarding the extraction of copper ions with liquid emulsion membrane has been done. It used a laboratory experiment method by using dithizone as a carrier compound, paraffin liquid as the membrane, a solution of HCl as an internal phase, Span-60 as surfactant, and a solution of copper(II) as the sample solution. This study was conducted to examine the ability of dithizone as a cation carrier and to determine the optimum conditions for the extraction of copper(II) ions in a solution that includes dithizone concentration and copper(II) ion extraction capacity with liquid membrane emulsion technique. The dithizone concentrations used were 0.005 M, 0.010 M, 0.015 M, 0.020 M, and 0.025 M. On the other hands the copper(II) solution concentrations used were 348 ppm, 512 ppm, 689 ppm, 857 ppm, and 1029 ppm. Concentration of copper(II) ion in external-phase was determined by using SpectroDirect Spectrophotometer. The result showed that the use of 0.020 M dithizone, 50 mL of liquid emulsion membrane could extract 857 ppm copper(II) ions with the extract percentage was 84.13%.

Keywords: Extraction, Copper(II) ion, Emulsion Liquid Membrane, Dithizone.

Pendahuluan

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi merupakan salah satu bukti berkembangnya pemikiran dan konsep manusia tentang peningkatan kesejahteraan hidup. Hal ini terbukti dengan semakin pesatnya perkembangan industri-industri di dunia. Namun, perkembangan industri tersebut juga menyebabkan munculnya masalah baru yang dapat membahayakan kehidupan manusia, yakni terjadinya pencemaran lingkungan yang meliputi pencemaran air, tanah, dan udara. Salah satu pencemaran lingkungan yang berbahaya dan memerlukan penanganan serius adalah pencemaran lingkungan yang berasal dari limbah logam berat, baik dalam bentuk larutan, padatan, maupun gas.

Pengolahan air limbah industri electroplating yang mengandung berbagai jenis ion-ion logam berat dapat dilakukan dengan

proses kimia-fisik (reduksi dan presipitasi), proses adsorpsi fisik, proses pertukaran ion, proses evaporasi dan elektrokimia (Sumada, 2006). Upaya penanganan pencemaran logam berat sebenarnya dapat dilakukan dengan menggunakan proses kimiawi, seperti penambahan senyawa kimia tertentu untuk proses pemisahan ion logam berat, atau dengan resin penukar ion (exchange resins), serta beberapa metode lainnya seperti penyerapan menggunakan karbon aktif, elektrodialisis dan reverse osmosis. Namun, proses ini relatif mahal dan cenderung menimbulkan permasalahan baru, yaitu akumulasi senyawa tersebut dalam sedimen dan organisme akuatik/perairan (Purnomo, 2009).

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. Teknik pemisahan yang masih berkembang hingga kini adalah teknik yang berdasarkan emulsi membran cair. Teknik ini memberikan jangkauan aplikasi yang luas dan potensial karena karakteristiknya, seperti kemudahan dalam pengoperasiannya,

*Correspondence:

B. Hamzah

Program Studi Pendidikan Kimia, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Tadulako

email: hamzahhb@yahoo.com

Published by Universitas Tadulako 2013

biaya operasional yang relatif lebih murah dan efisien (tahap ekstraksi dan ekstraksi balik terjadi dalam satu tahap) dengan selektivitas yang tinggi (Hamzah, 2009).

Teknik emulsi membran cair telah digunakan antara lain dalam ekstraksi sefaleksin (Sahoo & Dutta, 1998), untuk memperoleh kembali ion-ion kobalt dari dua bagian larutan sulfat yang mengandung ion-ion nikel (Kasaini, dkk, 1998), pemisahan Indium(III) (Kondo & Matsumoto, 1998), pemisahan kadmium (Li, dkk, 1998), ekstraksi Aurum(III) dari larutan berair (Kargari, dkk, 2004), penghilangan fenol dari air limbah (Luan & Plaisicr, 2004), penghilangan ion tembaga dari limbah pertambangan (Valenzuela, dkk, 2005), ekstraksi timbal dari limbah cair (Gurel, dkk, 2005), pemisahan perak dari limbah fotografik (Othman, dkk, 2006), ekstraksi kobalt(II) dari larutan berair (Gasser, dkk, 2007).

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kondisi optimum ekstraksi ion tembaga(II) dalam larutan, yang meliputi konsentrasi ditizon, dan kapasitas ekstraksi ion tembaga(II) menggunakan ditizon sebagai zat pembawa kation dengan teknik emulsi membran cair.

Metode

Pengaruh Konsentrasi Ditizon dalam Fasa Membran terhadap Persen Ekstraksi Ion Tembaga(II)

Ditizon dengan variasi konsentrasi 0,005 M; 0,010 M; 0,015 M; 0,020 M; dan 0,025 M dilarutkan ke dalam 50 mL parafin cair dan ditambahkan 3 g Span-60 (dipanaskan pada suhu rendah). Kemudian dicampurkan dengan 50 mL larutan HCl 1 M dan dilakukan pengocokkan selama 10 menit dengan menggunakan Cimarec Stirring Hotplate pada angka 8. Emulsi ini diambil sebanyak 50 mL dan dicampurkan dengan 200 mL larutan tembaga(II) 425 ppm, kemudian dilakukan ekstraksi selama 15 menit dengan menggunakan Cimarec Stirring Hotplate pada angka 4. Hasil ekstraksi dimasukkan ke dalam corong pisah 250 mL, untuk diambil fasa airnya dan dianalisis menggunakan Spektrofotometer SpectroDirect (Lovibond) 330 – 900 nm untuk mengetahui konsentrasi larutan tembaga(II) yang tersisa.

Pengaruh Konsentrasi Ion Tembaga(II) terhadap Persen Ekstraksi Ion Tembaga(II)

Ditizon dengan konsentrasi 0,020 M dilarutkan ke dalam 50 mL parafin cair dan ditambahkan 3 g Span-60 (dipanaskan pada suhu rendah). Kemudian dicampurkan dengan

50 mL larutan HCl 1 M dan dilakukan pengocokkan selama 10 menit dengan menggunakan Cimarec Stirring Hotplate pada angka 8. Emulsi ini diambil sebanyak 50 mL dan dicampurkan dengan 200 mL larutan tembaga(II) dengan variasi konsentrasi 348 ppm; 512 ppm; 689 ppm; 857 ppm; dan 1029 ppm. Kemudian dilakukan ekstraksi selama 15 menit dengan menggunakan Cimarec Stirring Hotplate pada angka 4. Hasil ekstraksi dimasukkan ke dalam corong pisah 250 mL, untuk diambil fasa airnya dan dianalisis menggunakan Spektrofotometer SpectroDirect (Lovibond) 330 – 900 nm untuk mengetahui konsentrasi larutan tembaga(II) yang tersisa.

Hasil dan Pembahasan

Pembuatan Emulsi Membran Cair

Emulsi merupakan koloid dengan kondisi setengah stabil yang dibuat dari dua cairan yang tidak saling bercampur, dimana salah satu zat didispersikan ke dalam zat yang lain dengan adanya suatu zat aktif permukaan (Rangansarid & Fukada, 2007). Pemilihan pengemulsi yang benar sangat penting dalam tiap sistem emulsi. Gheorghe dkk, (2008) telah melakukan penelitian tentang stabilitas emulsi membran cair, dan menyelidiki pengaruh komposisi emulsi terhadap waktu agitasi pada kestabilan emulsi, serta pengaruh waktu kontak antara fase eksternal dan emulsi terhadap kestabilan emulsi ganda. Emulsi membran cair adalah sistem tiga fasa yang distabilkan oleh sebuah pengemulsi, yang dapat ditambahkan hingga 5% atau lebih pada membran cair. Dalam teknik emulsi membran cair, masalah utama menyangkut kestabilan emulsi, dimana kestabilan yang rendah menyebabkan pemisahan parsial membran yang akan menyebabkan penurunan efisiensi secara keseluruhan (Kislik, 2010 dalam Teng & Talebi, 2012). Hamzah (2009) telah melakukan penelitian terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi kestabilan emulsi seperti pengaruh jenis surfaktan, waktu emulsifikasi, jenis pelarut organik, serta laju emulsifikasi. Sehingga, berbagai kondisi yang dilakukan pada penelitian ini mengacu pada berbagai penelitian yang telah dilakukan sebelumnya.

Pada penelitian ini, pembuatan emulsi dilakukan dengan mencampurkan sebanyak 50 mL parafin cair dan 50 mL larutan HCl 1 M. Hal ini didasarkan pada penelitian Hamzah (2009), bahwa perbandingan antara fasa membran dan fasa internal, yakni 1 : 1, akan menghasilkan persen ekstraksi yang lebih besar. Namun sebelum mencampurkan fasa membran dan fasa internal, ke dalam parafin cair (fasa

membran) dilarutkan ditizon terlebih dahulu, sebab ditizon merupakan zat yang tidak larut dalam air (Agustiningtyas, 2012). Konsentrasi Span-60 yang digunakan adalah 3%. Span-60 merupakan ester dari asam lemah yang berupa padatan malam, berwarna kuning pucat, dengan minyak yang lemah, serta larut dalam parafin cair. Sehingga, sebelum melakukan emulsifikasi, Span-60 yang telah ditimbang, dipanaskan terlebih dahulu.

Pada penelitian ini untuk membuat emulsi digunakan laju emulsifikasi dengan skala 8 pada Cimarec Stirring Hot Plate selama 10 menit. Menurut Chiha dkk (2006), semakin tinggi laju emulsifikasi, rata-rata pemecahan emulsi semakin kecil yang berarti emulsi semakin stabil. Hal ini terjadi karena semakin tinggi laju emulsifikasi, tetesan fasa membran maupun fasa internal menjadi lebih kecil sehingga membutuhkan waktu yang lama untuk membentuk koalesensi, yaitu penyatuan tetes kecil menjadi tetes besar dan akhirnya menjadi satu fasa tunggal yang memisah.

Pengaruh Konsentrasi Ditizon dalam Fasa Membran terhadap Persen Ekstraksi Ion Tembaga(II)

Pada perlakuan ini, untuk mengetahui pengaruh konsentrasi ditizon dalam fasa membran terhadap persen ekstraksi ion tembaga(II), dilakukan variasi terhadap jumlah ditizon yang dimasukkan ke dalam campuran fasa membran dan fasa internal. Adapun variasi konsentrasi ditizon yang dibuat adalah 0,005 M, 0,010 M, 0,015 M, 0,020 M, serta 0,025 M. Hal-hal yang dijaga konstan pada perlakuan ini adalah perbandingan fasa membran dan fasa internal, jumlah surfaktan yang digunakan, lama waktu emulsifikasi, serta kecepatan emulsifikasi. Setelah terbentuk emulsi, sebanyak 50 mL emulsi dicampurkan dengan 200 mL larutan tembaga(II) 425 ppm (fasa eksternal), dengan pH 2,85 – 3,0. Kontrol pH perlu dilakukan, sebab berdasarkan penelitian Hamzah (2009) pada rentang pH 2,85 – 4,23 persen ekstraksi ion tembaga(II) mencapai nilai konstan dan merupakan nilai tertinggi. Pada proses pembentukan kompleks, pada permukaan luar membran melibatkan pertukaran dua buah hidrogen dengan sebuah ion tembaga. Hal ini juga sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Costa dkk (2002), bahwa ditizon memiliki dua atom hidrogen aktif yang dapat disubstitusi dengan kation. Ditizon juga merupakan molekul yang memiliki atom donor elektron, yaitu sulfur dan nitrogen yang dapat bereaksi dengan kation,

seperti tembaga(II).

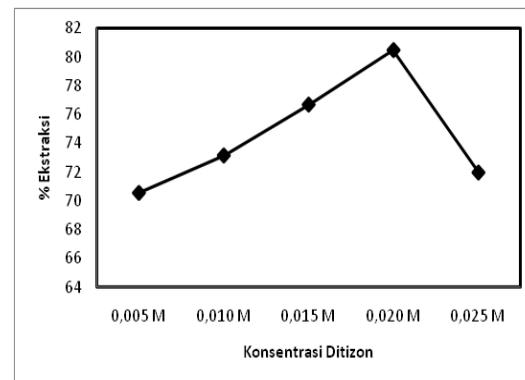
Selanjutnya dilakukan tahapan ekstraksi, yaitu dengan menggunakan laju emulsifikasi rendah (pada angka 4 menggunakan Cimarec Stirring and Hotplates). Campuran yang diperoleh selanjutnya dimasukkan ke dalam corong pisah, dan dilakukan pengukuran terhadap kadar ion tembaga(II) yang tersisa pada fasa eksternal, sehingga persen ekstraksi dapat ditentukan.

Adapun data hasil pengukuran konsentrasi tembaga(II) yang tersisa pada eksternal ditunjukkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Konsentrasi Tembaga(II) dalam Fasa Eksternal Setelah Ekstraksi Menggunakan Variasi Konsentrasi Ditizon

No	Konsentrasi Ditizon (M)	[Cu ²⁺] awal (ppm)	[Cu ²⁺] eksternal (ppm)	% Ekstraksi
1	0,005	425	125	70,59
2	0,010	425	114	73,18
3	0,015	425	99	76,70
4	0,020	425	83	80,47
5	0,020	425	119	72

Berdasarkan data hasil pengukuran tersebut, dapat dibuat suatu grafik hubungan konsentrasi ditizon terhadap persen ekstraksi ion tembaga(II), seperti yang terlihat pada Gambar 1.



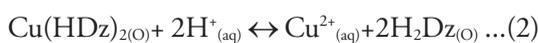
Gambar 1. Kurva Hubungan Konsentrasi Ditizon terhadap Persen Ekstraksi ion tembaga(II) Setelah Ekstraksi Menggunakan Variasi Konsentrasi Ditizon

Penambahan ditizon dalam fasa membran dimaksudkan agar ion tembaga(II) yang mula-mula berada dalam fasa eksternal dapat berdifusi dalam fasa membran menuju fasa internal dengan membentuk kompleks Cu(HDz)₂ yang tidak bermuatan. Semakin

banyak ditizon yang digunakan, pembentukan kompleks $Cu(HDz)_2$ pada permukaan luar membran akan semakin meningkat. Mohamed & Ibrahim (2012) melakukan ekstraksi tembaga dari air limbah menggunakan emulsi membran cair, dan menyatakan bahwa persentase difusi meningkat sejalan dengan meningkatnya konsentrasi zat pembawa. Dengan peningkatan konsentrasi zat pembawa dalam emulsi membran cair yang disiapkan, pembentukan kompleks akan meningkat pada membran/permukaan. Oleh karena itu gradien konsentrasi meningkat pada sekeliling lapisan minyak, yang akan meningkatkan kecepatan difusi tembaga dengan emulsi membran cair. Berdasarkan kurva pada Gambar 1, terlihat bahwa persen ekstraksi optimum diperoleh dengan menggunakan ditizon pada konsentrasi 0,020 M. Semakin kecil konsentrasi ditizon yang digunakan, nilai persen ekstraksi yang diperoleh juga semakin kecil. Sedangkan pada konsentrasi 0,025 M, persen ekstraksi juga mengalami penurunan. Pada teknik emulsi membran cair, reaksi awal terjadi di permukaan luar membran antara ion tembaga(II) yang berada dalam fasa eksternal dengan ditizon yang berada dalam fasa membran. Adapun reaksinya sebagai berikut :



Kompleks $Cu(HDz)_2$ yang terbentuk akan berdifusi ke permukaan dalam membran. Di permukaan dalam membran, ion tembaga(II) akan dilepaskan ke dalam fasa internal karena adanya HCl dalam fasa internal yang berfungsi sebagai stripping agent. Reaksi yang terjadi antara lain sebagai berikut :



Ditizon (H_2Dz) yang terbentuk kembali dalam fasa membran akan berdifusi ke permukaan luar membran untuk membentuk kompleks $Cu(HDz)_2$ yang baru. Selama

proses ekstraksi berlangsung, konsentrasi ion tembaga(II) pada fasa eksternal semakin berkurang sedangkan konsentrasi ditizon dalam membran tetap. Keadaan ini akan menyebabkan kesetimbangan pembentukan kompleks $Cu(HDz)_2$, sesuai dengan persamaan (1), akan bergeser ke kiri, sehingga mengakibatkan jumlah kompleks $Cu(HDz)_2$ pada permukaan luar fasa membran berkurang. Jika konsentrasi ditizon dalam fasa membran tidak cukup besar untuk menjaga konsentrasi kompleks $Cu(HDz)_2$ pada permukaan luar fasa membran tetap besar, proses difusi kompleks $Cu(HDz)_2$ dalam membran akan terhenti sebelum seluruh ion tembaga(II) berpindah dari fasa eksternal ke fasa internal. Akibatnya, persen ekstraksi ion tembaga(II) akan menurun. Sedangkan jika konsentrasi ditizon di dalam fasa membran sangat tinggi, persen ekstraksi akan menurun sebab hal ini akan menyebabkan terganggunya proses difusi akibat peningkatan viskositas membran. Hal ini yang menyebabkan pada konsentrasi ditizon 0,025 M terjadi penurunan persen ekstraksi ion tembaga(II).

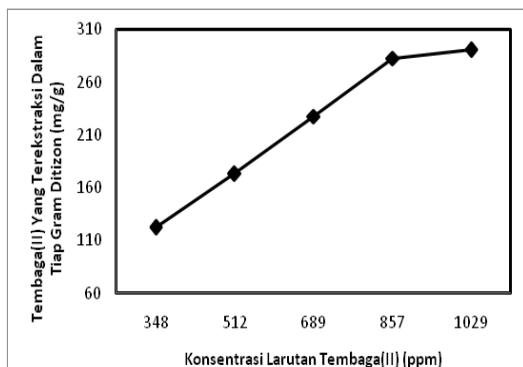
Pengaruh Konsentrasi Ion Tembaga(II) terhadap Persen Ekstraksi Ion Tembaga(II)

Pada pengujian ini, dilakukan variasi terhadap konsentrasi larutan tembaga(II) untuk menentukan kapasitas ekstraksi ion tembaga(II) dengan menggunakan teknik emulsi membran cair, yaitu 400 ppm, 600 ppm, 800 ppm, 1000 ppm, dan 1200 ppm. Untuk membuat emulsi, konsentrasi ditizon yang digunakan adalah konsentrasi optimum yang diperoleh pada pengujian sebelumnya, yaitu 0,020 M. Variabel-variabel lain dikontrol agar tetap konstan, yaitu perbandingan fasa membran terhadap fasa internal, jumlah surfaktan yang digunakan, waktu dan kecepatan emulsifikasi, pH serta waktu dan kecepatan tahapan ekstraksi. Adapun hasil pengukuran konsentrasi ion tembaga(II) dalam fasa eksternal ditunjukkan oleh Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Konsentrasi Cu dalam Fasa Eksternal Setelah Ekstraksi Menggunakan Variasi konsentrasi Ion Tembaga(II)

No	Konsentrasi Ditizon (Molar)	[Cu ²⁺] Eksternal awal (ppm)	[Cu ²⁺] eksternal akhir (ppm)	[Cu ²⁺] Yang Terekstraksi (ppm)	%Ekstraksi	[Cu ²⁺] Yang Terekstraksi Dalam Tiap Gram Ditizon (mg/g)
1	0,020	348	36	312	89,66	122,35
2	0,020	512	70	442	86,33	173,33
3	0,020	689	108	581	84,33	227,84
4	0,020	857	136	721	84,13	282,75
5	0,020	1029	287	742	72,11	290,98

Pada prosedur ini, nilai persen ekstraksi tidak dapat menjadi acuan langsung untuk menentukan besarnya tembaga(II) yang terekstraksi, sebab digunakan larutan tembaga(II) dengan berbagai macam konsentrasi. Berdasarkan data hasil pengukuran pada Tabel 2, dapat dibuat suatu grafik hubungan konsentrasi larutan tembaga(II) terhadap massa ion tembaga(II) yang terekstraksi dalam tiap gram ditizon, seperti yang terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Kurva Hubungan Konsentrasi Larutan Tembaga(II) terhadap Persen Ekstraksi ion Tembaga(II) Setelah Ekstraksi Menggunakan Variasi Konsentrasi Ion Tembaga(II)

Pada Gambar 2 terlihat bahwa semakin tinggi konsentrasi larutan tembaga(II) yang digunakan, semakin banyak massa tembaga(II) yang dapat terekstraksi dalam tiap gram ditizon, dan massa tembaga(II) yang paling banyak terekstraksi dalam tiap gram ditizon diperoleh dengan menggunakan larutan tembaga(II) 857 ppm, dengan persen ekstraksi sebesar 84,13%. Pada konsentrasi di atas 857 ppm, massa tembaga(II) yang dapat terekstraksi cenderung konstan. Hal ini disebabkan oleh keterbatasan fasa internal untuk menampung ion tembaga(II). Selama proses ekstraksi, konsentrasi ion tembaga(II) terus meningkat di dalam fasa internal, sehingga kesetimbangan bergeser ke kiri (sesuai persamaan reaksi 2). Hal ini menyebabkan peningkatan konsentrasi kompleks $\text{Cu}(\text{HDz})_2$ pada permukaan dalam membran. Semakin besar konsentrasi ion tembaga(II) dalam fasa internal, semakin besar pula konsentrasi kompleks $\text{Cu}(\text{HDz})_2$ pada permukaan dalam membran. Jika keadaan ini berlangsung terus, maka proses difusi kompleks $\text{Cu}(\text{HDz})_2$ akan terhenti. Berdasarkan hasil yang diperoleh, terlihat bahwa ditizon cukup baik untuk digunakan sebagai zat pembawa kation dengan teknik emulsi membran cair

pada ekstraksi ion tembaga(II).

Pada penelitian sebelumnya, Hamzah (2009) melakukan ekstraksi ion $\text{Cu}(\text{II})$ dengan menggunakan senyawa HPMBP sebagai pembawa kation, dan memperoleh hasil bahwa 30 ml emulsi membran cair dapat mengekstraksi ion tembaga(II) 1000 ppm dengan persen ekstraksi 97,97%. Sedangkan pada penelitian ini, sebanyak 50 ml emulsi membran cair dapat mengekstraksi ion tembaga(II) 857 ppm dengan persen ekstraksi 84,13%. Adanya perbedaan hasil persen ekstraksi ini disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain HPMBP merupakan senyawa sintesis yang dapat beresonansi dan memiliki 4 bentuk tautomeri, sehingga ikatan koordinasi senyawa ini dengan logam lebih kuat, dan menyebabkan kompleks yang terbentuk lebih stabil. Selain itu, pada penelitian Hamzah (2009), digunakan kombinasi surfaktan (Span-20 dan Span-80) yang memiliki nilai HLB yang sesuai dengan nilai HLB-butuh dari kerosen (HLB = 6,0), sehingga emulsi yang dihasilkan lebih stabil dibandingkan penelitian ini yang menggunakan Span 60 sebagai surfaktan (nilai HLB = 4,7) dengan menggunakan parafin cair sebagai fasa membran (HLB-butuh = 4,0).

Kesimpulan

Ditizon dapat digunakan sebagai zat pembawa kation pada ekstraksi ion tembaga(II) dengan teknik emulsi membran cair. Kondisi optimum ekstraksi ion tembaga(II) dalam larutan yang diperoleh adalah konsentrasi ditizon = 0,020 M, dan 50 mL emulsi membran cair dapat mengekstraksi ion tembaga(II) 857 ppm dalam 200 mL larutan dengan persen ekstraksi 84,13%.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih yang sebesar-besarnya penulis haturkan kepada Tasrik, S.Pd Laboran Kimia FKIP Untad dan Ibu Hilda Abd. Salam Laboran Farmasi AKFAR Tadulako yang telah banyak membantu penulis selama melaksanakan penelitian.

Referensi

- Agustiningtyas. (2012). Optimisasi adsorpsi ion $\text{Pb}(\text{II})$ menggunakan zeolit alam termodifikasi ditizon. (Skripsi diterbitkan). Institut Pertanian Bogor, Indonesia. Diunduh Kembali dari <http://repository.ipb.ac.id/bitstream/handle/123456789/58266/G12zag.pdf?sequence=1>.

- Chiha, M., Samar, M.H., & Hamdani, O. (2006). Extraction of Chromium(VI) from sulphuric acid aqueous solutions by a liquid surfactant membrane. *Desalination*, 194, 69–80.
- Costa, A. C. S., Lopes, L., Korn, M. D. G. A., & Portela, J. G. (2002). Separation and preconcentration of cadmium, copper, lead, nickel by solid-liquid extraction of their cocrystallized naphthalene ditizone chelate in saline matrices. *J. Braz. Chem. Soc.*, 13, 674–678.
- Gasser, M. S., El-Hefny, N. E., & Daoud, J. A. (2007). Extraction of Co(II) from aqueous solution using emulsion liquid membrane. *Journal of hazardous Materials*, 6943, 1–6.
- Gheorghe, A., Stoica A., & Floarea, O. (2008). Emulsion liquid membranes stability. *University Tehnica of Bucharest Science Journal*, 70, 2–30.
- Gurel, L., Altas, L., & Buyukgungor, H. (2005). Removal of lead from wastewater using emulsion liquid membrane technique. *Environmental Engineering Science*, 22, 411–420.
- Hamzah, B. (2009). Aplikasi 1-fenil-3-metil-4-benzoil-5-pirazolon sebagai pembawa kation pada ekstraksi ion tembaga(II) menggunakan teknik emulsi membran cair. (Tesis tidak diterbitkan). Universitas Hasanuddin, Indonesia.
- 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, 1–10.
- Kasaini, H., Nakashio, F., & Goto, M. (1998). Application of emulsion liquid membranes to recover cobalt ions from a dual-component sulphate solution containing nickel ions. *Journal of Membrane Science*, 146, 159–168.
- 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, 109–115.
- Li, Q.-M., Liu, Q., Zhang, Q. F., Wei, X. J., & Guo, J. Z. (1998). Separation study of cadmium through an emulsion liquid membrane using triisooctylamine as mobile carrier. *Talanta*, 46, 927–932.
- Luan, J., & Plaisicr, A. (2004). Study on treatment of wastewater containing nitrophenol compounds by liquid membrane process. *Journal of Membrane Science*, 229, 235–239.
- 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. *Journal of Membrane Science*, 282, 171–177.
- Purnomo, D. (2009). Logam berat sebagai penyumbang pencemaran air laut. Diunduh kembali dari <http://masdony.wordpress.com/2009/04/19/logam-berat-sebagai-penyumbang-pencemaran-air-laut/>.
- Rangsansarid, J., & Fukada, K. (2007). Factors affecting the stability of O/W emulsion in BSA solution: Stabilization by electrically neutral protein at high ionic strength. *Journal of Colloid and Interface Science*, 316, 779–786.
- Sahoo, G. C., & Dutta, N. N. (1998). Studies on emulsion liquid membrane extraction of cephalixin. *Journal of Membrane Science*, 145, 15–26.
- Sumada, K. (2006). Kajian instalasi pengolahan air limbah industri elektroplating yang efisien. *Jurnal Teknik Kimia*, 1, 26–36.
- Teng, T. T., & Talebi A. (2012). Green liquid membrane: Development and challenges. *Journal Membrane Science and Technology*, 2, 1–2.
- Valenzuela, F., Fonseca, C., Basualto, C., Correa, O., Tapia, C., & Sapag, J. (2005). Removal of copper ions from waste mine water by a liquid membrane method. *Minerals Engineering*, 18, 33–40.