



## Emulsion Stability Test and Effect of HNO<sub>3</sub> Concentration in the Internal Phase on Cadmium Ion Extraction using Liquid Membrane Emulsion Technique

\*Sahida, Baharuddin Hamzah & Siti Nuryanti

Pendidikan Kimia/FKIP – Universitas Tadulako, Palu – Indonesia 94119

Received 13 December 2019, Revised 17 January 2019, Accepted 14 February 2020

doi: 10.22487/j24775185.2020.v9.i1.pp34-39

### Abstract

*Study on the emulsion stability and cadmium ion extraction tests was performed using the liquid membrane emulsion technique. This study aimed to determine the emulsion stability between the membrane phase and the internal phase with the variation of the ratio (2:1, 1:1, 2:3 and 1:2), and to determine the maximum conditions of cadmium ion extraction in solution including various concentration of HNO<sub>3</sub> solution 1, 1.5, 2, and 2.5 M. This study is a laboratory experimental method using benzoyl acetone compound as cation carrier, kerosene as membrane phase, HNO<sub>3</sub> solution as internal phase, span-20 and span-80 as surfactants, and cadmium solution as sample solution. Cadmium ion concentration in external phase was determined by UV-VIS spectrophotometer. The result showed that emulsion stability test which produced the most stable emulsion was in the ratio of the membrane phase and the internal phase 1:1. In addition, the concentration of HNO<sub>3</sub> solution which resulted in a maximum extraction percentage of 1.5 M with an extraction percentage was 95.28%.*

**Keywords:** Cadmium, extraction, liquid membrane emulsion technique, UV-Vis spectrophotometer

### Pendahuluan

Berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi yang semakin pesat membuat kebutuhan manusia semakin berkembang pula, sehingga mendorong manusia untuk menciptakan berbagai macam industri dengan tujuan untuk memenuhi kebutuhannya. Adanya industri ini, akan memberikan dampak positif maupun dampak negatif. Salah satu dampak negatif yang ditimbulkan yaitu pencemaran, baik berupa pencemaran udara, darat, serta pencemaran air. Logam berat merupakan salah satu penyebab terjadinya pencemaran (Palar, 1994). Pencemaran lingkungan oleh logam berat merupakan suatu proses yang tidak terlepas dari penggunaan logam baik disengaja maupun tidak disengaja (Hamzah dkk., 2013).

Pencemaran logam berat adalah salah satu masalah besar itu diobservasi diseluruh dunia, karena dalam skala kecil konsentrasi logam berat bisa menyebabkan kematian pada kehidupan manusia (Hartati & Yulianto, 2007). Logam berat dapat menimbulkan gangguan terhadap kesehatan karena mampu menghalangi kerja enzim sehingga mengganggu metabolisme tubuh (Harefa, 2018).

Kadmium adalah salah satu logam berat yang dapat mencemari lingkungan pada proses pelapisan logam. Kadmium merupakan logam berat yang berbahaya karena dapat menyebabkan tekanan

darah tinggi, kerusakan ginjal, kerusakan jaringan testikuler, dan kerusakan sel-sel darah merah (Achmad, 2004). Salah satu studi kasus keracunan kronis kadmium terjadi di sepanjang sungai Jinzui daerah Tayoma (daerah Jepang), di mana penduduk wanita yang berumur 40 tahun terkena penyakit itai-itai. Penyakit ini mengakibatkan melunaknya tulang yang umumnya diakibatkan kurangnya vitamin D sebagai akibat yang ditimbulkan oleh logam berat Kadmium sehingga menyebabkan terjadinya gangguan daya keseimbangan kandungan kalsium dan fosfat dalam ginjal (Darmono, 2001).

Cara atau teknik yang digunakan untuk memperoleh kembali logam dari limbah yang berbahaya seperti pengendapan dan penyaringan yaitu dengan teknik ekstraksi pelarut (Hamzah dkk., 2011) Namun teknik ini masih belum dikatakan efisien, kekurangan dari teknik ekstraksi pelarut yaitu menggunakan beberapa tahap ekstraksi dan ekstraksi balik sehingga membutuhkan waktu yang lama serta ekstrak dalam jumlah pelarut yang cukup banyak (Djunaidi & Haris, 2003).

Salah satu teknik pemisahan yang dipakai adalah ekstraksi emulsi membran cair. Emulsi membran cair merupakan salah satu jenis membran cair yang sudah banyak digunakan untuk pemisahan di laboratorium maupun industri (Purwani & Biyantoro, 2013). Teknik emulsi membran cair merupakan proses ekstraksi dalam tiga fasa, yaitu

\*Correspondence:

Sahida

e-mail: [sahidasailang@gmail.com](mailto:sahidasailang@gmail.com)

© 2020 the Author(s) retain the copyright of this article. This article is published under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0, which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

fasa eksternal, fasa membran dan fasa air internal (Prayitno & Sardjono, 2000). Emulsi membran cair dibuat dengan membentuk emulsi dari dua fasa cair yang tidak saling bercampur dan untuk menstabilkan emulsi selama proses ekstraksi ditambahkan surfaktan yang berfungsi untuk menurunkan tegangan permukaan (Hamzah dkk., 2017).

Pemisahan teknik membran cair adalah teknik pemisahan yang sedang dikembangkan saat ini karena teknik ini sangat efektif dan efisien. Teknik ini didasarkan pada transpor ion logam melalui membran cair yang mengandung senyawa pembawa. Teknik membran cair emulsi (emulsion liquid membrane/ELM) yang di sebut juga membran cair bersurfaktan merupakan salah satu teknik jenis pemisahan berdasarkan membran cair (Djunaidi & Haris, 2003).

Teknik emulsi membran cair untuk ekstraksi ion logam membutuhkan zat pembawa (ekstraktan). Di-2-etilheksilphospat (D2EHPA) dan ditizon merupakan zat pembawa yang sering digunakan dalam ekstraksi logam dengan teknik emulsi membran cair (Djunaidi & Haris, 2003).

Teknik emulsi membran cair telah digunakan untuk ekstraksi ion Pb(II) yang dilakukan oleh Astuti (2014) dan Djasman, dkk (2014), ekstraksi ion Cu(II) oleh Hamzah dkk., (2013), pengaruh ion logam Cd(II) terhadap ekstraksi ion timbal(II) oleh Setyani dkk. (2016), pengaruh ion logam Cu(II) terhadap ekstraksi ion timbal(II) oleh Irawati dkk. (2016), pemisahan ion logam Pb(II) oleh Alam dkk. (2014) dan ekstraksi emas dari limbah papan sirkuit telepon genggam (Santoso dkk., 2011).

Proses ekstraksi dengan menggunakan teknik emulsi membran cair dipengaruhi oleh banyak variabel diantaranya: konsentrasi surfaktan, perbandingan volume emulsi dan fasa internal, konsentrasi benzoil aseton, lama waktu ekstraksi, pH dalam fasa eksternal, kestabilan emulsi, serta konsentrasi HNO<sub>3</sub> dalam fasa internal. Variabel yang diuji pada penelitian ini adalah menentukan kestabilan emulsi antara fasa membran dan fasa internal serta menentukan kondisi maksimum konsentrasi HNO<sub>3</sub> dalam fasa internal. Larutan HNO<sub>3</sub> merupakan larutan yang bersifat asam kuat, sehingga semakin tinggi konsentrasi HNO<sub>3</sub> yang digunakan maka semakin kuat untuk memutuskan ikatan antara Cd<sup>2+</sup> dengan senyawa kompleksnya.

Tulisan ini dimaksudkan untuk mengkaji emulsi yang paling stabil dari empat variasi yang digunakan serta pengaruh HNO<sub>3</sub> dalam fasa internal terhadap ekstraksi ion kadmium menggunakan teknik emulsi membran cair. Zat pembawa yang digunakan pada percobaan ini yaitu benzoil aseton.

## Metode

Alat yang digunakan berupa spektrofotometer UV-Vis *Perkin Elmer Lamda 25*, kuvet, gelas kimia, labu ukur, neraca digital, pipet tetes, corong pisah, statif dan klem, erlenmeyer, spatula, batang pengaduk, gelas ukur, wadah

plastik, pH meter, *Cimarec Stirring and Hot plate* dan *magnetic stirrer*.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah larutan Cd(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.4H<sub>2</sub>O (*Merck*), padatan benzoil aseton (*Merck*), span-20 dan span-80 (*Merck*), kerosen, aquades, larutan HNO<sub>3</sub> 1 M, 1,5 M, 2 M, dan 2,5 M (*Smart Lab*), larutan NaOH 10 % (*Merck*), serta larutan ditizon (*Merck*) dalam CHCl<sub>3</sub> (*Avantor*).

## Pengaruh Variasi Perbandingan Fasa Membran dan Fasa Internal Terhadap Kestabilan Emulsi

Emulsi dibuat dengan mencampurkan fasa membran (yang mengandung 0,018 M benzoil aseton dan 2,5 % surfaktan campuran dalam kerosen) dengan fasa internal (yang mengandung larutan HNO<sub>3</sub>) dengan variasi perbandingan volume yaitu 2:1; 2:2; 2:3; dan 2:4, kemudian fasa membran dan fasa internal yang telah tercampur diaduk dengan kecepatan pengadukan pada skala 10 selama 10 menit. Emulsi yang terbentuk dimasukkan kedalam corong pisah lalu di diamkan selama 24 jam, kemudian diukur fasa internalnya yang terpisah menggunakan pipet volume.

## Pengaruh Variasi Konsentrasi HNO<sub>3</sub> Terhadap Persen Ekstraksi Ion Kadmium

30 mL emulsi ditambahkan ke dalam 165 mL larutan Cd(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> 30 ppm dengan pH 2,5. Emulsi dibuat dengan mencampurkan fasa membran (yang mengandung 0,018M benzoil aseton dan 2,5% surfaktan campuran) dan fasa internal (yang mengandung 1 M; 1,5 M; 2 M; dan 2,5 M larutan HNO<sub>3</sub>) dengan perbandingan volume 1:5,5 dengan kecepatan emulsifikasi menggunakan skala 10 selama 10 menit. Proses ekstraksi dilakukan dengan kecepatan pengadukan pada skala 1,5 selama 11 menit. Setelah ekstraksi, fasa eksternal dipisahkan dari emulsi dengan menggunakan corong pisah kemudian dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

## Analisa Data

Cara menentukan besarnya persen ekstraksi ion kadmium yang sukses terekstrak ke dalam fasa membran (kerosen), yaitu dengan melakukan pengukuran terhadap banyaknya ion kadmium yang masih tersisa dalam fasa eksternal. Pengukuran ini menggunakan alat spektrofotometer UV-Vis. Persen ekstraksi kadmium dihitung menggunakan persamaan dari Chang dkk., (2011) yang telah dimodifikasi sebagai berikut:

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

dimana %E adalah persen ekstraksi; [Cd]<sub>awal</sub> adalah konsentrasi awal ion kadmium dalam larutan (fasa eksternal); dan [Cd]<sub>akhir</sub> adalah konsentrasi akhir ion kadmium dalam larutan (fasa eksternal).

## Hasil dan Pembahasan

### Variasi Perbandingan Fasa Membran dan Fasa Internal Terhadap Kestabilan Emulsi

Keberhasilan proses ekstraksi menggunakan teknik emulsi membran cair dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya yaitu kestabilan emulsi. Emulsi harus dibuat dalam keadaan sestabil mungkin agar dapat mengekstrak logam yang diinginkan. Kestabilan emulsi dipengaruhi oleh keadaan (jenis, konsentrasi dan volume) fasa membran, fasa internal dan surfaktannya (Astuti dkk., 2014).

Penelitian ini akan menguji kestabilan emulsi yang digunakan, pembuatan emulsi dilakukan dengan mencampurkan fasa membran dan fasa internal dengan bantuan surfaktan. Surfaktan berfungsi untuk menurunkan tegangan permukaan. Tegangan permukaan akan turun dengan bertambahnya konsentrasi surfaktan dalam fasa membran sampai dengan suatu konsentrasi tertentu (Alam dkk., 2014).

Proses pembuatan emulsi dibutuhkan laju emulsifikasi, sehingga dalam penelitian ini menggunakan laju emulsifikasi dengan skala 10 menggunakan Cimerec Stirring and Hot selama + 10 menit. Waktu emulsifikasi yang digunakan dalam penelitian ini didasarkan pada peneliti sebelumnya yaitu oleh Hamzah, (2010) yang menyatakan bahwa pada lama waktu tersebut memperoleh hasil emulsi yang stabil. Selain itu Menurut Prayitno & Budiyo, (2001) bahwa kecepatan pengadukan emulsi mempengaruhi ukuran partikel emulsi yang akan dihasilkan, jika kecepatan pengadukan rendah, maka ukuran partikel emulsi yang sangat kecil belum terbentuk sempurna sehingga daya pisahnya rendah. Sedangkan apabila kecepatan pengadukannya terlalu tinggi, emulsi akan pecah sehingga emulsi menjadi tidak stabil.

Variasi perbandingan fasa membran dan fasa internal yang digunakan yaitu 2:1, 1:1, 2:3, dan 1:2 (40 mL: 20 mL, 30 mL: 30 mL, 24 mL: 36 mL, 20 mL: 40 mL). Dari hasil pengukuran, yang diperoleh untuk perbandingan 2:1 diperoleh pemecahan emulsi sebesar 10%, pada perbandingan 1:1 adalah 5%, perbandingan 2:3 adalah 16%, dan perbandingan 1:2 adalah 20 %. Pada perbandingan volume fasa membran dan fasa internal 2:1 volume fasa membran lebih besar dari pada fasa internal sehingga konsentrasi surfaktan lebih besar difasa membran. Jika konsentrasi surfaktan besar maka

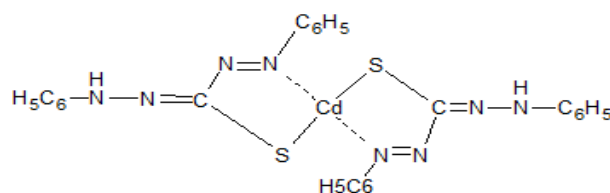
akan menyebabkan terjadinya gumpalan (flokulasi) pada butir-butir emulsi yang menyebabkan emulsi menjadi tidak stabil. Sedangkan pada perbandingan volume fasa membran dan fasa internal 2:3 dan 1:2 emulsi yang terbentuk memiliki volume fasa internal yang lebih banyak sehingga fasa membran yang menyelubungi fasa internal semakin tipis, jika fasa membran semakin tipis maka emulsi akan pecah dan mengakibatkan emulsi menjadi tidak stabil (Hamzah, 2010).

Hasil penelitian yang diperoleh menunjukkan emulsi yang paling stabil yaitu pada perbandingan fasa membran dan fasa internal 1:1, di mana emulsi pada perbandingan 1:1 ini mempunyai pemecahan emulsi yang paling kecil. Idealnya diinginkan suatu emulsi yang stabil dengan kekentalan yang sekecil mungkin, karena semakin kecil pemecahan emulsi maka semakin stabil pula emulsi tersebut (Hamzah, 2011).

### Variasi Konsentrasi HNO<sub>3</sub> Terhadap Persen Ekstraksi Ion Kadmium

Penelitian ini akan memisahkan ion logam kadmium dari larutannya dengan menggunakan teknik emulsi membran cair. Berdasarkan gambar pada halaman 46 proses ekstraksi dilakukan dengan mencampurkan 30 mL emulsi dan 165 mL larutan ion kadmium 30 ppm. Menurut hasil penelitian Amin (2017) perbandingan volume emulsi dan larutan sampel pada ekstraksi dengan teknik emulsi membran cair yaitu 1:5,5. Larutan sampel ion kadmium yang digunakan berada pada pH 2,5 dan konsentrasi benzoil aseton yaitu 0.018 M (Irna, 2017). Proses ekstraksi dilakukan dengan pengadukan pada skala 1.5 selama 11 menit. Setelah proses ekstraksi kemudian dilakukan proses pemisahan sampel antara fasa membran dan fasa eksternal.

Larutan sampel yang diperoleh dari hasil pemisahan antara fasa membran dan fasa eksternal akan dikomplekskan dengan larutan ditizon dalam CHCl<sub>3</sub>. Namun sebelum ditambahkan larutan ditizon sampel ditambahkan terlebih dahulu dengan larutan NaOH 10% sebanyak 1 mL hingga larutan bersifat basa, hal ini dikarenakan warna kompleks Cd-ditizon stabil dalam suasana basa. Reaksi antara ion Cd<sup>2+</sup> dengan zat pengompleks ditzone (HDz) akan menghasilkan senyawa kompleks kadmium ditizonat yang berwarna merah muda. Struktur senyawa kadmium ditizonat dapat dilihat pada Gambar 1.

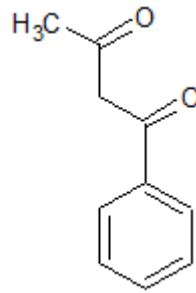


Gambar 1. Struktur senyawa kompleks kadmium ditizonat

Berdasarkan proses mekanisme ekstraksi emulsi membran cair bahwa dengan adanya pengadukan akan terjadi reaksi pada permukaan

luar membran antara ion Cd<sup>2+</sup> yang berada pada fasa eksternal dengan Benzoil aseton yang berada pada fasa membran. Benzoil aseton berfungsi

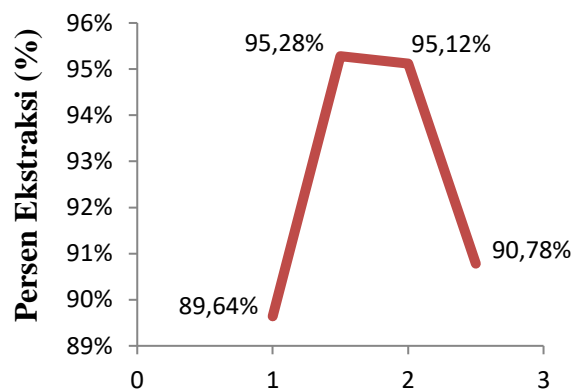
sebagai senyawa pengkelat. Struktur kimia dari benzoil aseton dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Struktur kimia benzoil aseton

Berdasarkan struktur kimianya, benzoil aseton dapat digunakan sebagai senyawa pengkelat karena benzoil aseton merupakan golongan senyawa  $\beta$ -diketon yaitu suatu senyawa yang ditandai oleh terdapatnya gugus keton dan dapat mengalami reaksi tautomeri keto-enol. Kemudahan senyawa tersebut mengalami tautomeri inilah yang menyebabkan senyawa benzoil aseton dapat berfungsi sebagai senyawa pengkelat. Selain itu, jika dilihat dari strukturnya, maka senyawa ini memiliki pasangan elektron yang terletak pada gugus atom oksigen yang dapat membentuk kompleks dengan ion kadmium(II) dengan membentuk ikatan kovalen koordinat. Kompleks yang terbentuk larut dengan baik dalam fasa membran, kemudian kompleks tersebut berdifusi menuju ke fasa internal. Didalam fasa internal terdapat larutan  $\text{HNO}_3$  yang berfungsi melepaskan ion  $\text{Cd}^{2+}$  dari benzoil aseton. Proses pelepasan tersebut terjadi pada permukaan dalam fasa membran. Ion  $\text{Cd}^{2+}$  yang terlepas akan terperangkap dalam fasa internal, lalu ion  $\text{Cd}^{2+}$  dalam fasa internal ini akan berdifusi kembali ke luar membran membentuk kompleks baru. (Hamzah, 2010).

Konsentrasi  $\text{HNO}_3$  yang digunakan pada penelitian yaitu, 1 M, 1,5 M, 2 M, dan 2,5 M. Berdasarkan data yang diperoleh maka grafik hubungan antara persen ekstraksi ion kadmium dengan konsentrasi  $\text{HNO}_3$  dapat dilihat pada gambar 3. Persen ekstraksi ion logam kadmium(II) terbesar ditunjukkan pada konsentrasi  $\text{HNO}_3$  1,5 M dibandingkan dengan konsentrasi  $\text{HNO}_3$  1 M, 2 M, dan 2,5 M. Terjadi peningkatan persen ekstraksi pada konsentrasi  $\text{HNO}_3$  1 M yaitu 89,64% menjadi 95,28% pada konsentrasi  $\text{HNO}_3$  1,5 M, hal ini disebabkan karena semakin tinggi konsentrasi  $\text{HNO}_3$  maka konsentrasi ion hidrogen dalam fasa internal akan semakin besar pula sehingga akan lebih mudah untuk memutuskan ikatan kompleksnya. Semakin kecil ion hidrogen dalam fasa internal maka konsentrasi ion kadmium(II) 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 (Astuti, dkk 2014).



Gambar 3. Grafik hubungan antara konsentrasi  $\text{HNO}_3$  terhadap persen ekstraksi Cd(II)

Pada konsentrasi  $\text{HNO}_3$  2 M terlihat bahwa persen ekstraksi mulai menurun dan persen ekstraksi ion kadmium turun hingga 90,78% pada konsentrasi  $\text{HNO}_3$  2,5 M. Penurunan persen ini disebabkan karena terjadinya reaksi antara  $\text{HNO}_3$  dan surfaktan yang melibatkan reduksi sifat-sifat surfaktan sehingga berakibat pada destabilitas emulsi. Selain itu, pada konsentrasi  $\text{HNO}_3$  2,5 M persen ekstraksi ion kadmium relatif tidak mengalami peningkatan lagi karena pada keadaan ini seluruh ikatan kompleks telah habis terputus (Astuti dkk., 2014).

## Kesimpulan

Variasi perbandingan fasa membran dan fasa internal yang menghasilkan emulsi yang paling stabil yaitu pada perbandingan 1:1. Kondisi maksimum pada ekstraksi ion kadmium dalam larutan dengan menggunakan teknik emulsi membran cair diperoleh pada konsentrasi  $\text{HNO}_3$  1,5 M dengan persen ekstraksi sebesar 95,28%.

## Ucapan Terima kasih

Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada laboran Laboratorium Kimia FKIP UNTAD, yang telah memberikan bimbingan dan masukan dalam menyelesaikan penelitian ini.

## Referensi

- Achmad, R. (2004). *Kimia lingkungan*. Yogyakarta: ANDI Yogyakarta.
- 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.
- Amin, A. H. (2017). *Pengaruh konsentrasi surfaktan campuran (Span 80 dan Span 20) dan rasio volume emulsi/fasa Eksternal Terhadap Ekstraksi Ion kadmium (Cd) menggunakan teknik emulsi membran cair*. Skripsi Tidak Diterbitkan. Palu: Universitas Tadulako.
- Chang, S. H., Teng, T. T., & Ismail, N. (2011). Optimazation of Cu (II) extraction from aquades solution by soybean-oil-based organic solvent using response surface methodology. *Water, Air, & Soil Pollution*, 217(3), 567-576.
- Darmono. (2001). *Lingkungan hidup dan pencemaran. hubungannya dengan toksikologi senyawa logam*. Jakarta: Universitas Indonesia (UI) Press.
- Djunadi, C., & Haris, A. (2003). Pemisahan logam berat menggunakan membran cair Berpendukung dengan variabel konsentrasi ion logam dan pH fasa umpam. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, 6(2), 1-4.
- Djasman, S. Y., Hamzah, B., & Husnia. (2014). Variasi konsentrasi span-80 dan pH fasa eksternal pada ekstraksi ion timbal(II) dengan metode emulsi membran cair. *Jurnal Akademika Kimia*, 3(4), 192-197.
- Hamzah, B. (2010). *Aplikasi 1-fenil-3-metil-4-benzoil-pirazolon sebagai pembawa kation pada ekstraksi ion tembaga(II) menggunakan teknik emulsi membran cair*. Disertasi Tidak Diterbitkan, Makassar: Universitas Hasanuddin.
- Hamzah, B., Astuti, W., Suherman, & Laonu, S. R. (2014). Variasi perbandingan volume fasa membran dan fasa internal serta konsentrasi HNO<sub>3</sub> dalam fasa internal terhadap ekstraksi ion timbal(II) menggunakan teknik emulsi membran cair. *Jurnal Akademika Kimia*, 4(2), 104-109.
- Hamzah, B., Jalaludin, N., Wahab., A. W. & Upe, A. (2011). Pengaruh ion kadmium (II) dan nikel pada ekstraksi ion tembaga (II) dengan ekstrak 4-Benzoil-1-Fenil-3-Metil-2-Pirazolin-5-On menggunakan teknik emulsi membran cair. *Natur Indonesia*, 13(3), 269-275.
- Hamzah, B., Said, I., & Hardani, R. (2013). Pengaruh ion kromium(III) pada ekstraksi ion tembaga(II) menggunakan teknik emulsi kerosen dengan 1-fenil-3-metil-4-benzoil-5-pirazolon sebagai pembawa kation. *Jurnal Akademika Kimia*, 2(3), 114-118.
- Hamzah, B., Tuljannah, N., & Diharnaini. (2013). Ekstraksi ion tembaga(II) dengan emulsi membran cair menggunakan ditizon sebagai pembawa kation. *Jurnal Akademika Kimia*, 2(2), 76-81.
- Hamzah, B., Muchtar, H., & Rahmawati, S. (2017). Pengaruh tembaga(II) dan kadmium(II) terhadap persen ekstraksi merkuri(II) menggunakan emulsi membran cair tipe W/O bersurfaktan ganda dengan benzoil aseton sebagai pembawa kation. *Jurnal Kimia Mulawarman*, 15(1), 18-21.
- Harefa, N. (2018). Sensitivitas ligan ditizon terhadap absorpsi logam zink dengan teknik emulsi membran cair. *Jurnal Edu Matsains*, 3(1), 57-68.
- Hartati, I., & Yulianto, M., E. (2007). The application of emulsion liquid membrane (ELM) on the chromium extraction. *Momentum*, 3(2), 28-33.
- Irawati, D., A., Hamzah, B., & Rahman, N. (2016). Pengaruh ion logam Cu(II) terhadap persen ekstraksi ion Pb(II) menggunakan teknik emulsi membran cair. *Jurnal Akademika Kimia*, 5(4), 172-177.
- Irna, S. (2017). *Penentuan kondisi optimum (konsentrasi benzoil aseton dan pH fasa eksternal) pada ekstraksi ion kadmium (Cd) menggunakan teknik emulsi membran cair*. Skripsi Tidak Diterbitkan. Palu: Universitas Tadulako.
- Palar, H. (1994). *Pencemaran dan toksikologi logam berat*. Jakarta: PT Rineka Cipta.
- Prayitno, & Sardjono, D. (2000). *Penurunan kadar merkuri pada limbah cair dengan teknik membran emulsi cair*. *Prosiding Presentasi Ilmiah Keselamatan Radiasi dan*

- Lingkungan*. Yogyakarta: Puslitbang Teknologi Maju BATAN.
- Prayitno, & Budiyo, M. E. (2001). *Penurunan kadar tembaga dalam air limbah dengan proses ekstraksi membran cair*. Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Penelitian Dasar Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir Yogyakarta: P3T-BATAN.
- Purwani, M., V., & Briyantoro, D. (2013). Ekstraksi pemisahan Th-Ce dari Ce hidroksida hasil olah monasit menggunakan membran emulsi cair dengan solven TBP. *Jurnal Teknologi Bahan Nuklir*, 9(2), 55-113.
- Santoso, I., Tritiyatma, H., N., & Titian, S. (2011). Ekstraksi emas dari limbah papan sirkuit telepon genggam menggunakan membran cair emulsi. *Jurnal Riset Sains dan Kimia Terapan*, 1(2), 111-118.
- Setyani, R., Hamzah, B., & Suherman. (2016). Pengaruh ion logam Cd(II) terhadap ekstraksi ion timbal(II) menggunakan teknik emulsi membran cair. *Jurnal Akademika Kimia*, 5(2), 91-97.