



Artikel Review

## Pengaruh Surfaktan terhadap Pemisahan Logam Transisi Periode Pertama Menggunakan Metode *Emulsion Liquid Membrane*

Afifah Rana Widiyanti, Dwi Ratna Setiani, Fauzia Salsabila, Anni Anggraeni, Uji Pratomo, Husein H. Bahti\*

Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Padjadjaran, Sumedang, Indonesia, 45363

### INFO ARTIKEL

#### Riwayat Artikel

Diterima 05 Januari 2022

Direvisi 01 Maret 2023

Tersedia online 29 Maret 2023

\* Email penulis korespondensi:  
husein.bahti@unpad.ac.id

### ABSTRAK

First row transition metals are heavy metals that are very abundant in their compound form and widely applied in industrial fields because of their unique physical and chemical properties. These industrial activities often produce waste that still contains toxic transition metal. To overcome that problems, the transition metal must be separated by an effective and efficient method, that is the emulsion liquid membrane (ELM) because simultaneous separation process. ELM is a separation method that involves three phases. The determinant of the success of the ELM process is the stability of the emulsion which depends on the concentration and type of the surfactant used. Types of surfactants that can be used in the first row transition metal separation using the ELM method are non-ionic surfactants such as Span 80, a mixture of Span 80-Tween 80 and Polyamine ECA 4360J. Therefore, this review article aims to determine the effect of concentrations and type of that surfactants on emulsion stability and extraction efficiency in the separation of first row transition metals using the ELM method.

Keywords: First row transition metals, emulsion liquid membrane, surfactant

Logam transisi periode pertama merupakan logam berat yang keberadaannya sangat berlimpah dalam bentuk senyawanya dan banyak diaplikasikan di bidang industri karena memiliki sifat fisika dan kimia yang khas. Dalam kegiatan industri tersebut sering menghasilkan limbah yang masih mengandung logam transisi beracun. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, logam transisi harus dilakukan proses pemisahan dengan metode yang efektif dan efisien, seperti metode *emulsion liquid membrane* (ELM) karena proses pemisahannya secara simultan. ELM sebagai pengembangan metode ekstraksi cair-cair yang melibatkan tiga fase. Penentu keberhasilan proses ELM adalah stabilitas emulsi yang tergantung pada konsentrasi dan jenis surfaktan yang digunakan. Peningkatan konsentrasi surfaktan menyebabkan peningkatan stabilitas emulsi. Oleh karena itu, pada artikel tinjauan ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi dan jenis surfaktan seperti Span 80, campuran Span 80-Tween 80 serta *Polyamine* ECA 4360J terhadap kestabilan emulsi serta efisiensi ekstraksi yang dihasilkan dalam pemisahan logam transisi periode pertama menggunakan metode ELM.

Kata Kunci: Logam transisi periode pertama, *emulsion liquid membrane*, surfaktan

## 1. Pendahuluan

Logam merupakan unsur alam dengan sifat konduktivitas listrik yang tinggi [1]. Keberadaan logam dapat ditemukan di atmosfer, kerak bumi, dasar laut dan lain-lain. Logam yang memiliki densitas tinggi lebih dari  $5 \text{ g/cm}^3$  serta nomor atom lebih dari 20, umumnya disebut sebagai logam berat [2]. Selain itu, logam berat juga bersifat toksik yang dapat menyebabkan dampak buruk untuk lingkungan dan makhluk hidup [3]. Kelompok logam yang termasuk dalam logam berat adalah logam transisi dan logam transisi dalam (lantanida dan aktinida) [2].

Logam transisi periode pertama yaitu dari skandium hingga seng dapat dikategorikan sebagai logam berat dan keberadaannya sangat berlimpah dalam bentuk senyawanya. Logam transisi periode pertama sering diaplikasikan di berbagai bidang, khususnya pada bidang industri karena memiliki sifat fisika dan kimia yang khas seperti dapat membentuk senyawa kompleks, memiliki titik didih dan titik lebur yang tinggi, dapat menghantarkan arus listrik serta beberapa diantaranya dapat digunakan sebagai katalisator [4], [5]. Sehingga pada artikel ini difokuskan pada logam transisi periode pertama. Seiring dengan banyaknya pemanfaatan logam transisi di bidang industri, mengakibatkan terjadinya peningkatan kekhawatiran ekologis dan kesehatan masyarakat [6]. Hal ini diakibatkan oleh logam-logam tersebut dalam jumlah yang berlebih dapat terdistribusi ke lingkungan sebagai polutan melalui aktivitas antropogenik seperti proses industri, limbah dan aktivitas pertanian [7]. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, logam transisi harus dilakukan proses pemisahan tidak hanya dari sumber primernya tetapi juga dari sumber sekundernya seperti limbah industri [8].

Beberapa metode konvensional dapat digunakan untuk pemisahan logam transisi periode pertama seperti adsorpsi, pertukaran ion, oksidasi-reduksi kimia, dan ekstraksi pelarut [7], [9]. Dalam bidang industri, metode yang sering dilakukan dalam proses pemisahan logam transisi periode pertama adalah metode ekstraksi cair-cair [10]. Namun, metode tersebut tidak efisien karena membutuhkan banyak tahap ekstraksi dan konsumsi pelarut yang besar sehingga tidak ramah lingkungan dan tidak ekonomis [11], [12]. Oleh karena itu, dilakukan pengembangan metode ekstraksi pelarut berupa metode berbasis membran cair. Metode membran cair terbagi atas tiga tipe, yaitu *Bulk Liquid Membrane* (BLM), *Supported Liquid Membrane* (SLM), dan *Emulsion Liquid Membrane* (ELM). Dari ketiga tipe membran cair tersebut, metode ELM dianggap paling berpotensi karena memiliki beberapa kelebihan, antara lain proses ekstraksi dan *stripping* dilakukan simultan sehingga waktu yang digunakan menjadi lebih singkat. Selain itu, metode ini lebih ekonomis dan ramah lingkungan karena hanya membutuhkan sedikit pelarut, serta selektivitas dan difusi ion logam yang tinggi melalui membran [11], [13].

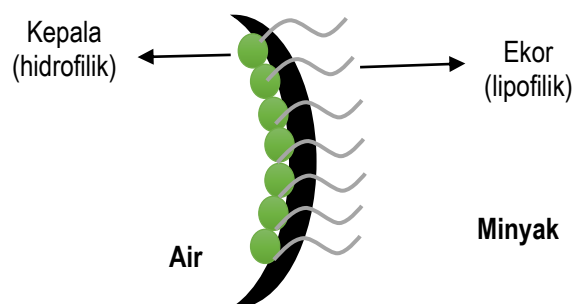
Prinsip dari metode *Emulsion Liquid Membrane* (ELM) untuk pemisahan logam transisi periode pertama adalah penggunaan sistem tiga fase yaitu fase eksternal berupa komponen ion logam yang dipisahkan, fase membran terdiri dari ekstrak dan surfaktan dalam pelarut organik serta fase internal terdiri dari *stripping agent* [14]. Dalam sistem ini, emulsi yang terbentuk dari fase membran dan internal didispersikan dalam fase umpan yang berisi logam transisi yang dipisahkan. Zat terlarut dan ekstrak membentuk kompleks yang dapat melewati fase membran ke antarmuka bagian dalam. Pada bagian tersebut, kompleks akan terurai sehingga zat terlarut dilepaskan ke fase internal sedangkan ekstrak bebas berdifusi kembali ke fase membran [15], [16].

Salah satu penentu keberhasilan metode ELM berupa formulasi emulsi yang sesuai untuk menghasilkan emulsi yang stabil [17]. Suatu emulsi dikatakan stabil jika emulsi tersebut tidak cepat rusak dalam jangka waktu tertentu. Sehingga kestabilan emulsi menjadi tantangan terbesar untuk penerapan metode ELM, karena emulsi yang tidak stabil dapat menurunkan efisiensi ekstraksi [18]. Emulsi yang terbentuk pada metode ELM disebabkan adanya suatu zat pengemulsi berupa surfaktan. Pemilihan surfaktan yang digunakan harus tepat untuk meminimalkan transportasi air selama proses ekstraksi seperti jenis surfaktan Span 80, campuran Span 80-Tween 80 serta Polyamine ECA 4360J. Sehingga jenis dan konsentrasi surfaktan yang sesuai akan mengurangi pembengkakan dan kebocoran emulsi serta meningkatkan kinerja ekstraksi [19]. Oleh karena itu, pada artikel tinjauan ini dibahas mengenai pengaruh konsentrasi dan jenis surfaktan yang menjadi suatu komponen penting dalam pemisahan logam transisi periode pertama menggunakan metode *Emulsion Liquid Membrane* (ELM).

## 2. Hasil dan Pembahasan

### 2.1. Peran Surfaktan dalam *Emulsion Liquid Membrane* (ELM)

Surfaktan merupakan bahan aktif permukaan yang bersifat amfipatik, yaitu mengandung gugus lipofilik (tidak suka air) pada ekornya dan gugus hidrofilik (suka air) pada bagian kepala [20]. Bagian ekor surfaktan akan berikatan dengan minyak yang bersifat non-polar, sedangkan pada bagian kepala akan berikatan dengan fase air yang bersifat polar. Dengan demikian, surfaktan dapat larut dalam pelarut organik dan air [21]. Struktur surfaktan dapat dilihat pada **Gambar 1** [22].



**Gambar 1.** Struktur surfaktan yang terdiri dari kepala yang bersifat hidrofilik dan ekor yang bersifat lipofilik [22].

Dalam proses ELM, surfaktan yang ditambahkan ke dalam fase membran berperan sebagai *emulsifier* atau zat penstabil emulsi. Surfaktan berfungsi untuk mengurangi tegangan pada bidang antarmuka fase minyak dan air dengan mengabsorpsi pada permukaan antarmuka cair-cair [20]. Turunnya tegangan antarmuka fase minyak dan air, mengakibatkan surfaktan membentuk suatu lapisan di sekitar fase cair dan memicu butiran air terdispersi pada fase minyak [23]. Selain itu, surfaktan dapat mempengaruhi viskositas emulsi dan laju perpindahan ion logam [8]. Sehingga surfaktan memegang peran yang sangat penting dalam pembentukan emulsi, mengurangi pembengkakan, kebocoran emulsi serta menentukan keberhasilan proses ekstraksi dalam metode ELM [19].

Secara umum, surfaktan dapat dibedakan menjadi empat kelompok, yaitu surfaktan anionik, surfaktan kationik, surfaktan amfoter dan surfaktan non-ionik [20]. Namun, untuk pemisahan logam transisi periode pertama biasanya menggunakan surfaktan non-ionik. Hal ini dikarenakan kinerja surfaktan non-ionik tidak terpengaruh oleh adanya ion lain yang bertentangan dengannya. Namun, jenis surfaktan yang digunakan harus sesuai dengan tipe emulsi yang diinginkan [24].

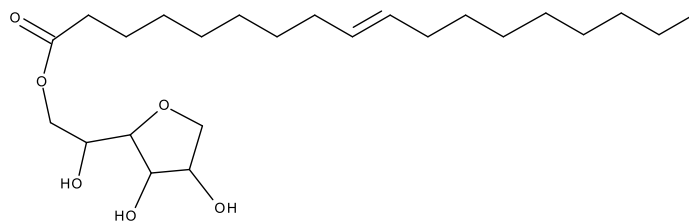
Terdapat beberapa pertimbangan dalam memilih surfaktan untuk proses pemisahan menggunakan metode ELM. Salah satunya *Hydrophilic-lipophilic balance* (HLB) yang merupakan parameter keseimbangan ukuran dan kekuatan sisi hidrofilik dan lipofilik dari molekul surfaktan [25]. Nilai HLB berkisar dari 0 hingga 20 yang dapat digunakan untuk menentukan surfaktan non-ionik yang tepat dalam pembuatan emulsi. Surfaktan dengan nilai HLB rendah (1-10), lebih larut dalam minyak dan cenderung membentuk emulsi W/O. Sedangkan surfaktan dengan nilai HLB tinggi (10-20), lebih larut dalam air dan cenderung membentuk emulsi O/W [26], [27]. Dalam pemisahan logam transisi periode pertama menggunakan metode ELM, surfaktan yang cocok digunakan untuk membuat emulsi W/O/W yaitu dengan nilai HLB 3,8-8 [28].

Emulsi yang dapat diaplikasikan pada proses pemisahan menggunakan metode ELM yaitu emulsi organik-dalam-air-organik (O/W/O) dan emulsi air-dalam-organik-air (W/O/W) [29]. Emulsi organik-dalam-air-organik (O/W/O) merupakan sistem emulsi di mana fase air memisahkan fase minyak internal dan eksternal. Sedangkan, Emulsi tipe air-dalam-organik-air (W/O/W) merupakan sistem emulsi dimana fase air internal dan eksternal dipisahkan oleh lapisan minyak dan sering digunakan untuk pemisahan logam [30]. Formulasi emulsi tipe W/O/W melibatkan dua langkah proses emulsifikasi, yaitu emulsifikasi awal untuk menghasilkan emulsi tipe W/O dengan cara menghomogenkan fase internal ke dalam fase membran lalu emulsi yang telah dibuat didispersikan dalam fase eksternal yang membentuk sistem emulsi W/O/W [31]. Beberapa jenis surfaktan yang dapat digunakan pada pemisahan logam transisi periode pertama dengan metode ELM, seperti Span 80, *Polyamine* ECA 4360J, campuran surfaktan Span 80 dan Tween 80.

## 2.2. Pengaruh Jenis Surfaktan yang digunakan dalam Emulsion Liquid Membrane (ELM)

### 2.2.1 Span 80

Span (*sorbitan fatty acid esters*) adalah surfaktan dengan nilai HLB rendah yang berperan sebagai pengemulsi non-ionik lipofilik untuk membuat emulsi jenis W/O [32]. Span 80 (*sorbitan monooleate*) adalah surfaktan non-ionik dengan berat molekul sebesar 428 g/mol. Nilai *hydrophilic-lipophilic balance* (HLB) dari Span-80 sebesar 4,3 sehingga cenderung lebih larut dalam minyak [33]. Molekul Span 80 terdiri dari ion oleat pada bagian kepala yang bersifat polar sehingga akan menempel pada lapisan air, sedangkan pada bagian ekornya berupa alkil yang bersifat non-polar sehingga akan menempel pada lapisan minyak [34]. Struktur molekul Span 80 dapat dilihat pada **Gambar 2**.



**Gambar 2.** Struktur molekul Span 80 [35].

Span 80 memiliki kelemahan berupa stabilitas kimianya yang buruk jika fase internalnya mengandung NaOH [18]. Hal ini disebabkan oleh dekomposisi karena hidrolisis dan pembentukan makroemulsi karena adanya H<sub>2</sub>O dalam Span 80 dan komponen membran lainnya [36]. Namun, surfaktan Span 80 sering diaplikasikan dalam metode ELM untuk pemisahan logam transisi periode pertama karena menghasilkan emulsi putih susu yang paling stabil, bersifat ramah lingkungan dan tidak beracun [22].

Beberapa peneliti telah melakukan pemisahan logam transisi periode pertama menggunakan surfaktan Span 80 dan menghasilkan emulsi yang stabil seperti dalam pemisahan dan *recovery* V(IV) dari larutan asam pelindian pengotor batu bara dengan efisiensi ekstraksi sebesar 87,5% [37]. Selanjutnya penelitian untuk pemisahan Cr(VI) dengan efisiensi ekstraksi sebesar 100% [38] dan penelitian untuk pemisahan Co(II) dari larutan klorida dengan efisiensi ekstraksi sebesar 99% [12]. Kemudian ekstraksi Ni(II) dengan efisiensi ekstraksi sebesar 99% [39] serta penelitian untuk pemisahan Zn(II) dari limbah *electroplating* dengan efisiensi ekstraksi sebesar 97,4% [40].

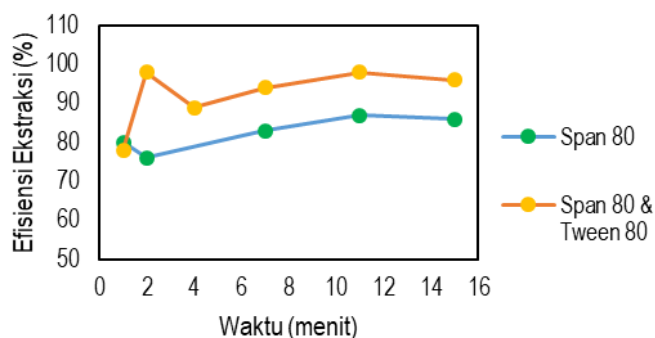
### 2.2.2 Polyamine ECA 4360J

Surfaktan *polyamine* ECA 4360J merupakan surfaktan non-ionik dengan berat molekul sebesar 1800 g/mol [41]. Surfaktan ECA 4360J dapat membentuk emulsi yang sangat stabil dan menyebabkan pembengkakan osmotik emulsi yang sedikit [42]. Kelebihan dari surfaktan ECA 4360J adalah sedikit larut dalam air dan menunjukkan stabilitas kimia yang tinggi, terutama terhadap basa [43]. Namun, kekurangan dari surfaktan ini adalah emulsi yang terbentuk kurang stabil jika fasa internalnya mengandung asam organik atau anorganik. Selain itu, daya tahannya yang tinggi terhadap perpindahan massa antar muka sehingga dapat menyebabkan pembentukan lapisan padat dan kaku dari molekul *polyamine* pada antarmuka membran. Hal ini dapat dianggap sebagai penghalang yang harus dilalui oleh ion logam [18], [44]. Kemudian Proses demulsifikasi pada emulsi yang mengandung ECA 4360J lebih sulit dibandingkan dengan emulsi yang mengandung Span 80 [45]. Sehingga dapat mengurangi kinerja pemisahan yang ditandai dengan rendahnya nilai efisiensi ekstraksi dan efisiensi pengupasan yang dihasilkan. Pemisahan logam transisi menggunakan metode ELM dengan surfaktan *polyamine* ECA 4360J telah dilakukan untuk pemisahan Cr (VI) [46] dan pemisahan cobalt dari larutan asam pelindian dengan efisiensi ekstraksi sebesar 99% [47].

### 2.2.3 Campuran Surfaktan Span 80 dan Tween 80

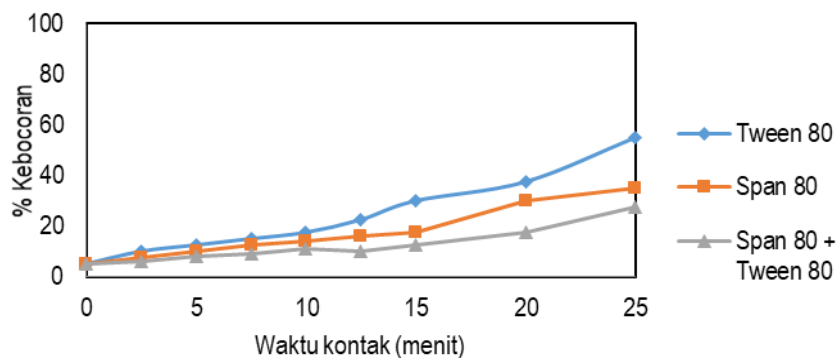
Penggunaan campuran surfaktan selama proses emulsifikasi menjadi salah satu alternatif yang dapat digunakan untuk meningkatkan stabilitas emulsi sehingga dapat berpengaruh terhadap kinerja ekstraksi. Campuran surfaktan dapat meningkatkan fleksibilitas lapisan surfaktan yang terbentuk dan dapat meningkatkan partisi surfaktan ke dalam lapisan antarmuka minyak-air, yang keduanya dapat menstabilkan sistem emulsi. Rasio surfaktan hidrofilik dan lipofilik serta interaksi antar molekulnya memberikan pengaruh untuk meningkatkan stabilitas emulsi [48]. Hal ini sesuai pada penelitian pemisahan ion Mn(II) dengan efisiensi ekstraksi sebesar 97% [49] dan pemisahan ion Cr(VI) dengan metode ELM menggunakan dua jenis surfaktan yaitu Span 80 (lipofilik surfaktan) dan Tween 80 (hidrofilik surfaktan) dengan efisiensi ekstraksi sebesar 99% [50].

Pada **Gambar 3** yang diadopsi dari penelitian pemisahan ion Cr(VI) dengan metode ELM [50], efisiensi ekstraksi untuk pemisahan Cr(VI) meningkat ketika digunakan campuran surfaktan Span 80-Tween 80 dibandingkan dengan emulsi yang hanya menggunakan Span 80 tunggal, karena Tween 80 dapat memfasilitasi dalam pembuatan emulsi ganda dan mengurangi viskositas emulsi [51]. Sehingga emulsi yang terbentuk menjadi lebih stabil dan memberikan hasil yang baik pada pemisahan ion Cr(VI).



**Gambar 3.** Pengaruh campuran surfaktan Span 80 dan Tween 80 terhadap efisiensi ekstraksi Cr(VI) [50].

Selanjutnya hasil dari penelitian pemisahan ion Mn(II) yang dapat dilihat pada **Gambar 4** [49], menunjukkan bahwa penggunaan surfaktan Tween 80 tunggal menghasilkan emulsi yang paling tidak stabil dibandingkan dengan Span 80 yang dapat dilihat dari %kebocoran ketika menggunakan Span 80 menjadi lebih rendah dibandingkan dengan Tween 80, hal ini disebabkan oleh kelarutan dan hidrofobitasnya lebih rendah dalam fase organik. Sedangkan, ketika dilakukan pencampuran surfaktan Tween 80 dan Span 80, kestabilan emulsi meningkat sehingga efisiensi ekstraksi ion Mn(II) meningkat. Hal ini dapat dikaitkan dari hubungan yang sinergis antar molekul Tween 80 dan Span 80 yang menyebabkan pembentukan jaringan yang stabil, mengurangi koagulasi tetesan dan mencegah kerusakan emulsi pada proses ELM [52].



**Gambar 4.** Pengaruh jenis surfaktan terhadap kestabilan ELM [49].

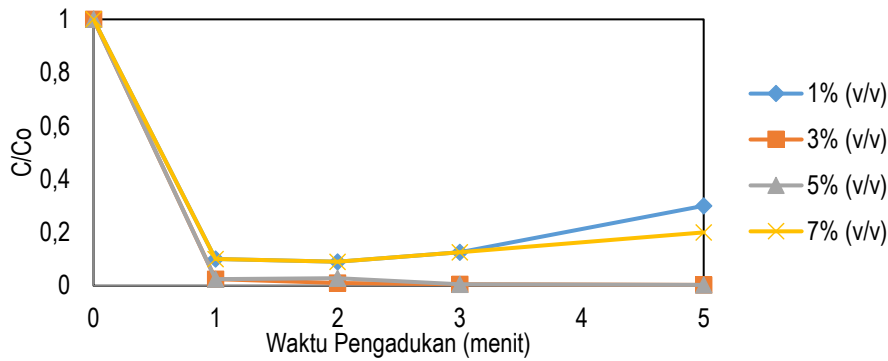
Dalam suatu emulsi, dua atau lebih surfaktan dapat berinteraksi satu sama lain melalui interaksi molekuler seperti ikatan hidrofobik, elektrostatis atau hidrogen [53]. Interaksi antar surfaktan dapat mengubah struktur, fisikokimia dan karakteristik fungsional molekul surfaktan yang mempengaruhi stabilitas dan fungsionalitas emulsi. Ketebalan dan kepadatan lapisan antarmuka emulsi dapat bervariasi tergantung pada ukuran molekul, interaksi dan pengemasan molekul surfaktan yang teradsorpsi sehingga dapat mempengaruhi stabilitas fisik emulsi tersebut [54]. Oleh karena itu, campuran surfaktan Span 80-Tween 80 dapat menghasilkan emulsi yang stabil sehingga dapat digunakan untuk pemisahan logam transisi periode pertama menggunakan metode ELM.

### 2.3. Pengaruh Konsentrasi Surfaktan dalam Emulsion Liquid Membrane (ELM)

Konsentrasi surfaktan memiliki peran yang sangat penting dalam pembentukan fase membran karena akan berdampak langsung pada stabilitas emulsi. Peningkatan konsentrasi surfaktan menghasilkan peningkatan stabilitas membran dengan mengurangi tegangan permukaan antarmuka, yang dapat mengarah pada pembentukan butiran emulsi yang lebih kecil sehingga memberikan area kontak antarmuka yang lebih besar dan emulsi menjadi lebih stabil [55], [56]. Namun, konsentrasi surfaktan yang terlalu besar memberikan pengaruh buruk terhadap kinerja pemisahan [57].

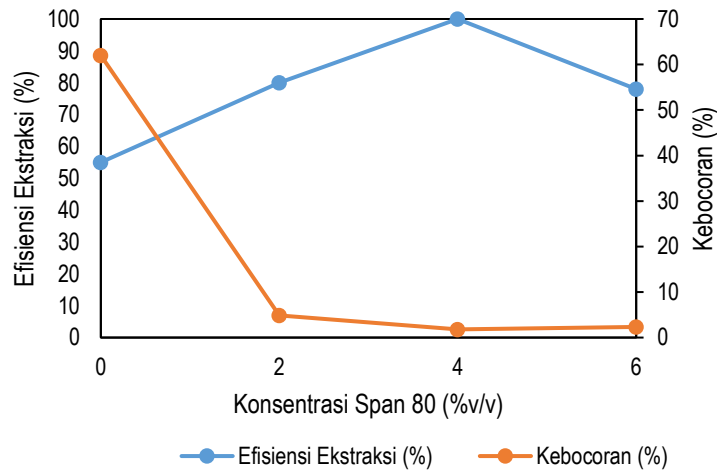
#### 2.3.1 Konsentrasi Surfaktan Span 80

Pengaruh konsentrasi surfaktan Span 80 terhadap efisiensi ekstraksi logam transisi periode pertama menggunakan metode ELM ditunjukkan pada **Gambar 5, 6 dan 7**.



**Gambar 5.** Pengaruh konsentrasi surfaktan Span-80 terhadap efisiensi ekstraksi Co(II) menggunakan metode ELM [12].

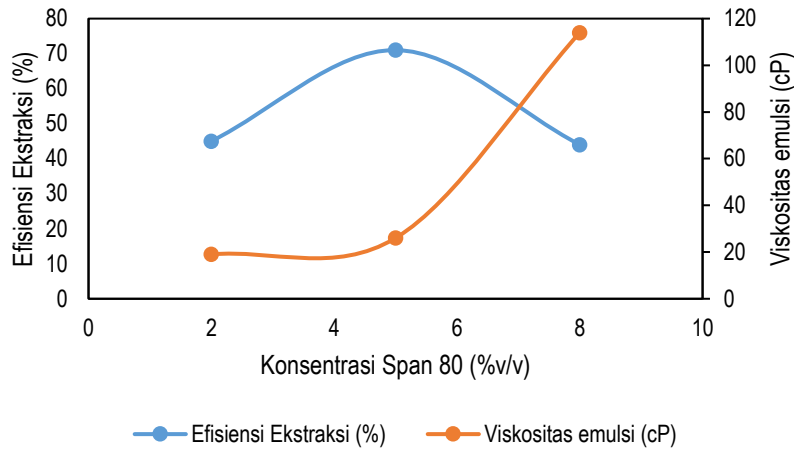
Hasil penelitian untuk pemisahan Co(II) ditunjukkan pada **Gambar 5**, menjelaskan 3%v/v merupakan konsentrasi surfaktan optimum dari rentang yang digunakan yaitu 1%-7%v/v dan efisiensi ekstraksi Co(II) yang dihasilkannya paling besar [12].



**Gambar 6.** Pengaruh konsentrasi surfaktan Span-80 terhadap efisiensi ekstraksi Cu(II) dan kebocoran membran sistem ELM [58].

Pada **Gambar 6** hasil dari pemisahan Cu(II) dengan metode ELM, diperoleh efisiensi ekstraksi maksimum Cu(II) pada konsentrasi surfaktan optimumnya yaitu 4% (v/v) dari rentang konsentrasi surfaktan yang digunakan yaitu 0-6% (v/v). Pada konsentrasi surfaktan 0% (v/v) terjadi kebocoran emulsi sebesar 62% yang menunjukkan ketidakstabilan sistem yang tinggi sehingga efisiensi ekstraksi yang dihasilkan sangat rendah yaitu sebesar 55%. Ketika konsentrasi surfaktan ditingkatkan menjadi 2% (v/v), terjadi peningkatan efisiensi ekstraksi menjadi 80% yang disebabkan oleh rendahnya nilai kebocoran. Pada konsentrasi surfaktan optimum yaitu 4% (v/v), dihasilkan efisiensi ekstraksi maksimum dan kebocoran emulsi turun menjadi 1,8%. Ketika konsentrasi surfaktan terus ditingkatkan menjadi 6% (v/v), dihasilkan penurunan efisiensi ekstraksi menjadi 78% dan kebocoran emulsi meningkat menjadi 2,3% yang menandakan bahwa terjadi penurunan stabilitas sistem [58].

Selanjutnya dipelajari pengaruh surfaktan Span 80 pada konsentrasi 2, 5 dan 8% (v/v) untuk ekstraksi Zn(II) dan dihasilkan konsentrasi surfaktan optimum pada 5% (v/v) [59]. Pada **Gambar 7** menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi Span 80 dari 2% (v/v) menjadi 5% (v/v) mengakibatkan efisiensi ekstraksi meningkat tetapi menurun tajam pada peningkatan konsentrasi surfaktan lebih lanjut, yaitu 8% (v/v). Hal ini dapat disebabkan oleh terjadinya perubahan yang signifikan dalam viskositas emulsi.

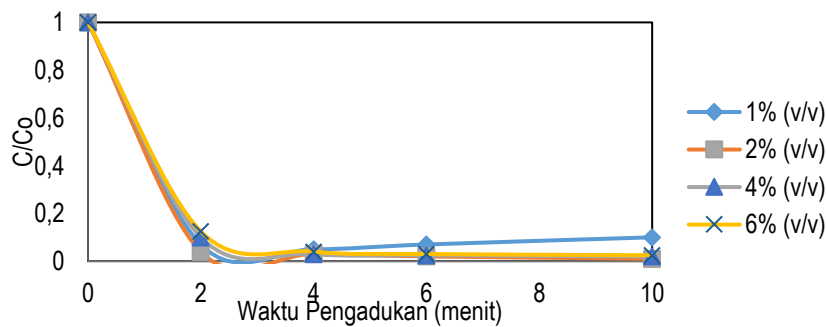


**Gambar 7.** Pengaruh konsentrasi surfaktan Span-80 terhadap efisiensi ekstraksi Zn(II) dan viskositas emulsi menggunakan metode ELM [59].

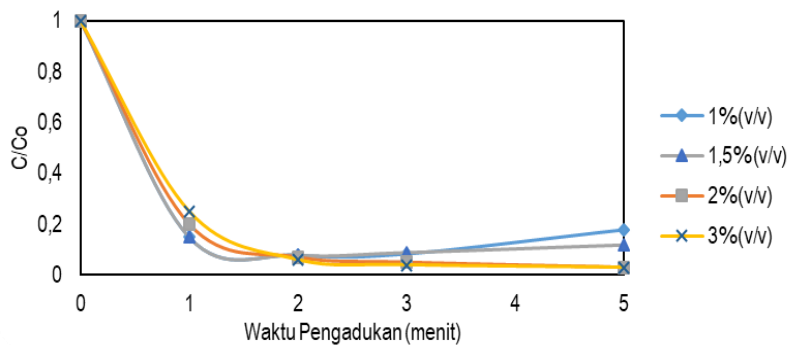
Berdasarkan referensi tersebut, dapat disimpulkan bahwa konsentrasi optimum surfaktan Span-80 yang dapat digunakan dalam pemisahan logam berat menggunakan metode ELM berada pada rentang 2-5%.

### 2.3.2 Konsentrasi Surfaktan Polyamine ECA 4360J

Pengaruh konsentrasi surfaktan *Polyamine* ECA 4360J terhadap efisiensi ekstraksi logam kromium dan kobalt menggunakan metode ELM ditunjukkan pada **Gambar 8** dan **Gambar 9** [46], [47]. Berdasarkan gambar tersebut diketahui bahwa konsentrasi optimum surfaktan ECA 4360J yang dapat digunakan dalam pemisahan logam transisi periode pertama menggunakan metode ELM sebesar 2%. Peningkatan konsentrasi surfaktan ECA 4360J menyebabkan peningkatan stabilitas emulsi dan dengan demikian juga meningkatkan efisiensi ekstraksi kromium dan kobalt. Namun, peningkatan konsentrasi surfaktan lebih dari konsentrasi optimumnya dapat menurunkan efisiensi ekstraksi karena berkurangnya difusivitas kompleks dalam fase membran.



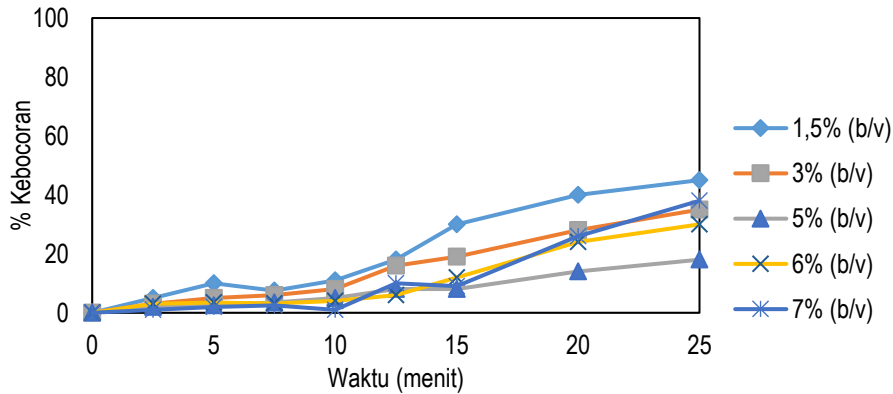
**Gambar 8.** Pengaruh konsentrasi surfaktan ECA 4360J terhadap efisiensi ekstraksi kromium menggunakan metode ELM [46].



**Gambar 9.** Pengaruh konsentrasi surfaktan ECA 4360J terhadap efisiensi ekstraksi kobalt menggunakan metode ELM [47].

### 2.3.3 Konsentrasi Campuran Surfaktan Span 80-Tween 80

Dalam penelitian pemisahan ion Mn(II), dipelajari pengaruh campuran konsentrasi surfaktan dalam rentang 1,5-7% (b/v) terhadap stabilitas emulsi. Seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 10**, stabilitas emulsi meningkat dengan meningkatnya konsentrasi surfaktan dari 1,5 hingga 5% (b/v). Namun, peningkatan konsentrasi surfaktan lebih lanjut yang melebihi 5% (b/v) mengakibatkan stabilitas emulsi menurun. Hal ini dapat terjadi karena konsentrasi surfaktan yang besar dapat menyebabkan terjadinya pembengkakan dan kerusakan pada membran. Sehingga konsentrasi optimum dari campuran surfaktan terjadi pada konsentrasi 5% (b/v).



**Gambar 10.** Pengaruh konsentrasi campuran surfaktan terhadap kestabilan ELM [49].

Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut, penggunaan konsentrasi surfaktan yang terlalu tinggi dalam membran akan meningkatkan viskositas emulsi dan akibatnya akan menghambat perpindahan logam dalam fase membran serta menyebabkan pembengkakan emulsi sehingga mengurangi kinerja pemisahan yang ditandai dengan rendahnya nilai efisiensi ekstraksi [60], [61]. Idealnya, emulsi yang diinginkan yaitu stabil dengan kekentalan yang sekecil mungkin [62]. Sementara itu, konsentrasi surfaktan terlalu kecil mengakibatkan emulsi mudah rusak karena jumlah surfaktan pada membran tidak dapat menstabilkan emulsi [63].

Berikut ini merupakan kondisi optimum surfaktan yang digunakan beberapa peneliti yang ditunjukkan pada **Tabel 1**.

**Tabel 1.** Variasi jenis dan konsentrasi surfaktan yang digunakan untuk pemisahan logam transisi periode pertama menggunakan ELM.

No	Logam Transisi	Jenis Surfaktan	Konsentrasi Surfaktan	Hasil	Referensi
1.	V(IV)	Span 80	5%	%E = 87,5%	[37]
2.	Cr(VI)	Span 80	3%	%E = 100%	[38]
3.	Co(II)	Span 80	3%	%E = 99%	[12]
4.	Ni(II)	Span 80	2%	%E = 99%	[39]
5.	Zn(II)	Span 80	4%	%E = 97,4% %S = 78%	[40]
6.	Cr(VI)	ECA 4360J	2%	%E = 99% % S = 96%	[46]
7.	Co	ECA 4360J	2%	%E = 99%	[47]
8.	Cr(VI)	Span 80 + Tween 80	Span 80 (3%) Tween 80 (1%)	%E = 99%	[50]
9.	Mn(II)	Span 80 + Tween 80	5% v/w	%E = 97%	[49]
10.	Zn(II)	Span 80	5%	%E = 71%	[59]
11.	Cu(II)	Span 80	4%	%E = 100%	[58]

### 3. Kesimpulan

Logam transisi periode pertama dapat dipisahkan menggunakan metode *emulsion liquid membrane*. Penentu keberhasilan ELM untuk pemisahan logam transisi periode pertama adalah stabilitas emulsi. Emulsi dapat terbentuk karena adanya suatu zat aktif berupa surfaktan yang berperan dalam mengurangi tegangan pada bidang antarmuka fase membran dan internal. Sehingga surfaktan dapat digunakan untuk menstabilkan emulsi, mengurangi pembengkakan dan kebocoran emulsi serta meningkatkan kinerja ekstraksi. Surfaktan yang dapat digunakan dalam pemisahan logam transisi periode pertama menggunakan metode ELM adalah surfaktan non-ionik seperti Span 80, *polyamine* ECA 4360J serta campuran



surfaktan Span 80-Tween 80. Kemudian keberhasilan ELM juga ditentukan dengan penggunaan konsentrasi surfaktan yang tepat. Konsentrasi surfaktan optimum untuk menghasilkan emulsi yang stabil pada pemisahan logam transisi periode pertama menggunakan metode ELM oleh jenis surfaktan Span 80 adalah 2-5% serta menghasilkan efisiensi ekstraksi maksimum sebesar 100%. Konsentrasi surfaktan optimum oleh jenis surfaktan *polyamine* ECA 4360J adalah 2% dengan efisiensi ekstraksi sebesar 99%. Selanjutnya untuk campuran Span 80-Tween 80, konsentrasi optimum span 80 adalah 3% dan 5% serta tween 80 adalah 1% dengan efisiensi ekstraksi maksimum sebesar 99%. Sehingga surfaktan Span 80, *polyamine* ECA 4360J serta campuran surfaktan Span 80-Tween 80 dengan konsentrasi optimumnya dapat digunakan untuk pemisahan logam transisi periode pertama menggunakan metode ELM. Semakin tinggi konsentrasi surfaktan yang digunakan, maka emulsi semakin stabil dan semakin tinggi nilai efisiensi ekstraksi yang diperoleh. Namun, penggunaan konsentrasi surfaktan yang terlalu tinggi akan meningkatkan viskositas emulsi sehingga dapat menyebabkan kerusakan emulsi yang berpengaruh terhadap penurunan nilai efisiensi ekstraksi dan penggunaan konsentrasi surfaktan terlalu kecil mengakibatkan jumlah surfaktan pada membran tidak memadai untuk menstabilkan emulsi.

### Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas dukungan Hibah Ristek atau Badan Riset dan Inovasi Nasional melalui skema Riset Dasar Unggulan Perguruan Tinggi (1207/UN.6.3.1/PT.00/2021), serta kepada Dr. Eng. Uji Pratomo, M.Si., Dr. Anni Anggraeni, M.Si., dan Prof. Dr. Husein H. Bahti sebagai dosen pembimbing yang telah membantu dalam penulisan artikel review ini.

### Daftar Pustaka

- [1] R. Adhani & Husaini, *Logam Berat Sekitar Manusia*. Banjarmasin: Lambung Mangkurat University Press, 2017.
- [2] M. Koller & H. M. Saleh, *Introductory Chapter: Introducing Heavy Metals*. IntechOpen, 2018.
- [3] H. B. Bradl, *Heavy Metals in the Environment: Origin, Interaction and Remediation.*, vol. 45, no. 10. London: Academic Press, 2002.
- [4] S. Rengaraj, K. H. Yeon, & S. H. Moon, "Removal of chromium from water and wastewater by ion exchange resins," *J. Hazard. Mater.*, vol. 87, pp. 273–287, 2001.
- [5] Z. L. He, X. E. Yang, & P. J. Stoffella, "Trace elements in agroecosystems and impacts on the environment," *J. Trace Elem. Med. Biol.*, vol. 19, pp. 125–140, 2005.
- [6] U. K. Singh & B. Kumar, "Pathways of heavy metals contamination and associated human health risk in Ajay River basin, India," *Chemosphere*, vol. 174, pp. 183–199, 2017.
- [7] L. C. Ferreira, L. C. Ferreira, V. L. Cardoso, & U. C. Filho, "Mn(II) removal from water using emulsion liquid membrane composed of chelating agents and biosurfactant produced in loco," *J. Water Process Eng.*, vol. 29, p. 100792, 2019.
- [8] T. Kakoi, M. Goto, & F. Nakashio, "Separation of platinum and palladium by liquid surfactant membranes utilizing a novel bi-functional surfactant," *J. Memb. Sci.*, vol. 120, pp. 77–88, 1996.
- [9] D. S. Patil, S. M. Chavan, & J. U. K. Oubagaranadin, "A review of technologies for manganese removal from wastewaters," *J. Environ. Chem. Eng.*, vol. 4, no. 1, pp. 468–487, 2016.
- [10] R. A. Kumbasar, "Transport of cadmium ions from zinc plant leach solutions through emulsion liquid membrane-containing Aliquat 336 as carrier," *Sep. Purif. Technol.*, vol. 63, no. 3, pp. 592–599, 2008.
- [11] M. Raji, H. Abolghasemi, J. Safdari, & A. Kargari, "Selective extraction of dysprosium from acidic solutions containing dysprosium and neodymium through emulsion liquid membrane by Cyanex 572 as carrier," *J. Mol. Liq.*, vol. 254, no. 2017, pp. 108–119, 2017.
- [12] A. Hachemaoui & K. Belhamei, "Simultaneous extraction and separation of cobalt and nickel from chloride solution through emulsion liquid membrane using Cyanex 301 as extractant," *Int. J. Miner. Process.*, vol. 161, pp. 7–12, 2017.
- [13] L. Zhao, D. Fei, Y. Dang, X. Zhou, & J. Xiao, "Studies on the extraction of chromium(III) by emulsion liquid membrane," *J. Hazard. Mater.*, vol. 178, pp. 130–135, 2010.
- [14] A. Azarang, A. Rahbar-Kelishami, R. Norouzebeigi, & H. Shayesteh, "Modeling and optimization of pertraction performance of heavy metal ion from aqueous solutions using M2EHFA/D2EHFA: Application of response surface methodology," *Environ. Technol. Innov.*, vol. 15, p. 100432, 2019.
- [15] A. Kusumastuti, W. Astuti, & N. Qudus, "Study of Copper Recovery Using Emulsion Liquid Membrane under Taylor-Couette Column," in *UNNES International Conference on Research Innovation and Commercialization 2018, KnE Social Sciences*, vol. 2019, pp. 9–20, 2019.
- [16] N. Hidayah, B. Hamzah, & P. Ningsih, "Pengaruh Konsentrasi Surfaktan dan Perbandingan Volume Emulsi dengan Volume Fasa Eksternal Pada Ekstraksi Ion Merkuri Menggunakan Teknik Emulsi Membran Cair," *J. Akad. Kim.*, vol. 6, no. 3, pp. 165–169, 2017.
- [17] K. Abbassian & A. Kargari, "Effect of polymer addition to membrane phase to improve the stability of emulsion liquid

- membrane for phenol pertraction," *Desalin. Water Treat.*, vol. 57, pp. 2942–2951, 2016.
- [18] W. S. W. Ho and K. K. Sirkar, *Membrane Handbook*. New York: Chapman & Hall, 1992.
- [19] C. Basualto *et al.*, "Extraction of cadmium from aqueous solutions by emulsion liquid membranes using a stirred transfer cell contactor," *J. Braz. Chem. Soc.*, vol. 17, no. 7, pp. 1347–1354, 2006.
- [20] M. Chakraborty, C. Bhattacharya, & S. Datta, "Emulsion liquid membranes: Definitions and classification, theories, module design, applications, new directions and perspectives," in *Liquid Membranes: Principles and Applications in Chemical Separations and Wastewater Treatment*, V.S.Kislik, Ed. Elsevier B.V., pp. 141–199, 2010.
- [21] A. L. Ahmad, A. Kusumastuti, C. J. C. Derek, & B. S. Ooi, "Emulsion liquid membrane for heavy metal removal: An overview on emulsion stabilization and destabilization," *Chem. Eng. J.*, vol. 171, no. 3, pp. 870–882, 2011.
- [22] S. Bjorkegren & R. F. Arimi, "A study of the heavy metal extraction process using emulsion liquid membranes," *Chalmers Univ. Technol.*, no. Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden, pp. 1–61, 2012.
- [23] R. Hayati & C. P. Balqis, "Formulasi Emulsi Topikal Ekstrak Umbi Bawang Putih (*Allium sativum* L.) sebagai Insektisida Alami Pembasmi Kutu Rambut," *Pharm. J. Farm. Indones.*, vol. 17, no. 02, pp. 304–316, 2020.
- [24] M. V Purwani & D. Biyantoro, "Ekstraksi pemisahan Th-Ce dari Ce hidroksida hasil olah monasit menggunakan membran emulsi cair dengan solven TBP," *J.Tek. Bhn. Nukl.*, vol. 9, no. 2, pp. 55–113, 2013.
- [25] S. Gupta, P. B. Khandale, & M. Chakraborty, "Application of emulsion liquid membrane for the extraction of diclofenac and relationship with the stability of water-in-Oil emulsions," *J. Dispers. Sci. Technol.*, vol. 41, no. 3, pp. 393–401, 2019.
- [26] Ezeofor & C. Obiajulu, *Effect of Change in Hydrophilic-Lipophilic Balance (HLB) on the State of Stable Invert Emulsion Drilling Fluid*. Calgary: University of Calgary, 2015.
- [27] M. Nollet, H. Boulghobra, E. Calligaro, & J. D. Rodier, "An efficient method to determine the Hydrophile-Lipophile Balance of surfactants using the phase inversion temperature deviation of CiEj/n-octane/water emulsions," *Int. J. Cosmet. Sci.*, vol. 41, pp. 99–108, 2019.
- [28] V. S. Kislik, *Liquid membranes, Principles & Applications in Chemical Separations & Wastewater treatment*, 1st ed., no. October. Elsevier B.V., 2010.
- [29] M. A. Hussein, A. A. Mohammed, & M. A. Atiya, "Application of emulsion and Pickering emulsion liquid membrane technique for wastewater treatment: an overview," *Environ. Sci. Pollut. Res.*, vol. 26, pp. 36184–36204, 2019.
- [30] A. T. Florence & D. Whitehill, "The formulation and stability of multiple emulsions," *Int. J. Pharm.*, vol. 11, no. 4, pp. 277–308, 1982.
- [31] I. R. Nawangsasi, Y. B. Pramono, A. Hintono, & V. Paramita, "Water-in-Oil-in-Water (W/O/W) Double Emulsion Morphology and Its Degradation on Instant Noodle Seasoning," *Agritech*, vol. 38, no. 2, pp. 151–159, 2018.
- [32] R. Bnyan *et al.*, "Surfactant Effects on Lipid-Based Vesicles Properties," *J. Pharm. Sci.*, vol. 107, no. 5, pp. 1237–1246, 2018.
- [33] M. G. A. Kassem, A. M. M. Ahmed, H. H. Abdel-Rahman, & A. H. E. Moustafa, "Use of Span 80 and Tween 80 for blending gasoline and alcohol in spark ignition engines," *Energy Reports*, vol. 5, pp. 221–230, 2019.
- [34] R. Esposito, D. Cavasso, M. Niccoli, & G. D'errico, "Phase inversion and interfacial layer microstructure in emulsions stabilized by glycosurfactant mixtures," *Nanomaterials*, vol. 11, no. 331, pp. 1–14, 2021.
- [35] I. V. Kopanichuk, E. A. Vedenchuk, A. S. Koneva, & A. A. Vanin, "Structural properties of span 80/tween 80 reverse micelles by molecular dynamics simulations," *J. Phys. Chem. B*, vol. 122, no. 33, pp. 1–31, 2018.
- [36] I. Abou-Nemeh & A. P. Van Peteghem, "Some Aspects of Emulsion Instability on Using Sorbitan Monooleate (Span 80) as a Surfactant in Liquid Emulsion Membranes," *Chemie Ing. Tech.*, vol. 62, no. 5, pp. 420–421, 1990.
- [37] H. Liu, Y. Zhang, J. Huang, T. Liu, N. Xue, & K. Wang, "Selective separation and recovery of vanadium from a multiple impurity acid leaching solution of stone coal by emulsion liquid membrane using di-(2-ethylhexyl)phosphoric acid," *Chem. Eng. Res. Des.*, vol. 122, pp. 289–297, 2017.
- [38] N. Othman, N. F. M. Noah, R. N. R. Sulaiman, N. Jusoh, & W. T. Tan, "Emulsion liquid membrane modeling for chromium removal from electroplating wastewater using TOMAC as a carrier," *Water Environ. Res.*, vol. 93, no. 9, pp. 1–11, 2021.
- [39] H. Ma, O. Kökkılıç, C. M. Marion, R. S. Multani, & K. E. Waters, "The extraction of nickel by emulsion liquid membranes using Cyanex 301 as extractant," *Can. J. Chem. Eng.*, vol. 96, no. 7, pp. 1585–1596, 2018.
- [40] M. Rajasimman, N. Rajamohan, & S. Sujatha, "Recovery of zinc from electroplating wastewater using green emulsion liquid membrane," *Water Supply*, vol. 21, no. 5, pp. 2008–2018, 2021.
- [41] F. Nakashio, M. Goto, M. Matsumoto, J. Irie, & K. Kondo, "Role of surfactants in the behavior of emulsion liquid membranes - development of new surfactants," *J. Memb. Sci.*, vol. 38, no. 3, pp. 249–260, 1988.
- [42] M. Goto, M. Matsumoto, K. Kondo, & F. Nakashio, "Development of new surfactant for liquid surfactant membrane process," *J. Chem. Eng. Japan*, vol. 20, no. 2, pp. 157–164, 1987.
- [43] Z. R. Hua & X. Lei, "Design of a liquid membrane system for extracting rare earths," *J. Memb. Sci.*, vol. 51, pp. 249–258, 1990.

- [44] J. Strzelbicki & S. Schlosser, "Influence of Surface - Active Substances on Pertraction of Cobalt ( II ) Cations through Bulk and Emulsion Liquid Membranes," *Hydrometallurgy*, vol. 23, pp. 67–75, 1989.
- [45] T. Hirato, K. Koyama, T. Tanaka, Y. Awakura, & H. Majima, "Demulsification of water-in-oil emulsion by an electrostatic coalescence method," *Mater. Trans. JIM*, vol. 32, no. 3, pp. 257–263, 1991.
- [46] R. A. Kumbasar, "Selective separation of chromium (VI) from acidic solutions containing various metal ions through emulsion liquid membrane using trioctylamine as extractant," *Sep. Purif. Technol.*, vol. 64, no. 1, pp. 56–62, 2008.
- [47] R. A. Kumbasar & O. Tutkun, "Separation of cobalt and nickel from acidic leach solutions by emulsion liquid membranes using Alamine 300 (TOA) as a mobile carrier," *Desalination*, vol. 224, pp. 201–208, 2008.
- [48] P. Li, A. Ghosh, R. F. Wagner, S. Krill, Y. M. Joshi, & A. T. M. Serajuddin, "Effect of combined use of nonionic surfactant on formation of oil-in-water microemulsions," *Int. J. Pharm.*, vol. 288, no. 1, pp. 27–34, 2005.
- [49] I. Salahshoori, A. Seyfaee, A. Babapoor, & I. Cacciotti, "Recovery of Manganese Ions from Aqueous Solutions with Cyanex 272 Using Emulsion Liquid Membrane Technique: A Design of Experiment Study," *J. Sustain. Metall.*, vol. 7, no. 3, pp. 1074–1090, 2021.
- [50] S. Björkegren, R. F. Karimi, A. Martinelli, N. S. Jayakumar, & M. A. Hashim, "A new emulsion liquid membrane based on a palm oil for the extraction of heavy metals," *Membranes (Basel)*, vol. 5, no. 2, pp. 168–179, 2015.
- [51] K. Anarakdim, G. Gutiérrez, Á. Cambiella, O. Senhadji-Kebiche, & M. Matos, "The effect of emulsifiers on the emulsion stability and extraction efficiency of Cr(VI) using emulsion liquid membranes (ELMS) formulated with a green solvent," *Membranes (Basel)*, vol. 10, no. 76, pp. 1–13, 2020.
- [52] G. Lv, F. Wang, W. Cai, & X. Zhang, "Characterization of the addition of lipophilic Span 80 to the hydrophilic Tween 80-stabilized emulsions," *Colloids Surfaces A Physicochem. Eng. Asp.*, vol. 447, pp. 8–13, 2014.
- [53] D. J. McClements & S. M. Jafari, "Improving emulsion formation, stability and performance using mixed emulsifiers: A review," *Adv. Colloid Interface Sci.*, vol. 251, pp. 55–79, 2018.
- [54] V. B. Fainerman, E. V. Aksenenko, J. Krägel, & R. Miller, "Thermodynamics, interfacial pressure isotherms and dilational rheology of mixed protein-surfactant adsorption layers," *Adv. Colloid Interface Sci.*, vol. 233, pp. 200–222, 2016.
- [55] P. S. Kulkarni, S. Mukhopadhyay, M. P. Bellary, & S. K. Ghosh, "Studies on membrane stability and recovery of uranium (VI) from aqueous solutions using a liquid emulsion membrane process," *Hydrometallurgy*, vol. 64, no. 1, pp. 49–58, 2002.
- [56] S. Laguel & M. H. Samar, "Removal of Europium(III) from water by emulsion liquid membrane using Cyanex 302 as a carrier," *Desalin. Water Treat.*, vol. 165, pp. 269–280, 2019.
- [57] R. N. R. Sulaiman, H. A. Rahman, N. Othman, M. B. Rosly, N. Jusoh, & N. F. M. Noah, "Extraction of reactive dye via synergistic Aliquat 336/D2EHPA using emulsion liquid membrane system," *Korean J. Chem. Eng.*, vol. 37, no. 1, pp. 141–150, 2020.
- [58] H. A. Shamkhi, A. D. Z. Albdiri, F. A. Jabir, & S. S. Koter, "Experimental and modeling studies on simultaneous extraction of Pb<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup>, and Cd<sup>2+</sup> from diluted acidic aqueous solutions by emulsion liquid membrane," *Chem. Eng. Commun.*, pp. 1–10, 2020.
- [59] P. Tahmasebizadeh, S. Javanshir, & A. Ahmadi, "Zinc extraction from a bioleaching solution by emulsion liquid membrane technique," *Sep. Purif. Technol.*, vol. 276, no. April, p. 119394, 2021.
- [60] F. Valenzuela, J. Auspont, C. Basualto, C. Tapia, & J. Sapag, "Use of a surfactant liquid membrane contactor for zinc uptake from an acid aqueous effluent," *Chem. Eng. Res. Des.*, vol. 83, no. A3, pp. 247–255, 2005.
- [61] M. Raji, H. Abolghasemi, J. Safdari, & A. Kargari, "Pertraction of dysprosium from nitrate medium by emulsion liquid membrane containing mixed surfactant system," *Chem. Eng. Process. Process Intensif.*, vol. 120, pp. 184–194, 2017.
- [62] A. H. Amin, B. Hamzah, & P. Ningsih, "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," *J. Akad. Kim.*, vol. 7, no. 4, p. 210, 2018.
- [63] H. Meilinda, N. Noviyanti, A. Anggraeni, D. Hendrati, & H. H. Bahti, "Pengaruh berbagai parameter ekstraksi dalam pemisahan unsur tanah jarang dengan metode emulsion liquid membrane (ELM)," *ALCHEMY J. Penelit. Kim.*, vol. 17, no. 1, pp. 1–9, 2021.