



Pemisahan Logam Timbal Dalam Limbah Cair Simulasi Menggunakan Supported Liquid Membranes (SLM) Berpendukung Dengan Senyawa Pembawa Sinergi D2EHPA

Muhammad Cholid Djunaidi^{1*}, Danang Kuncoro Bhakti¹, Rum Hastuti¹,
Nesti Dwi Maharani¹

¹Departemen Kimia, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Jl. Prof. Soedarto S.H, Tembalang, Semarang 50275

*Corresponding author: choliddjunaidi@live.undip.ac.id

Received: 11 Desember 2021 / Accepted: 22 Desember 2021

Available online:

Abstract

Timbal adalah logam yang digunakan secara luas dalam berbagai industri meliputi : batu bara, minyak, peleburan besi/baja, semen, baterai, tekstil, pestisida, gelas dan keramik. Kandungan limbah khususnya timbal sebesar 1,21 mg/L berada dalam berbagai bentuk senyawaan kimia yang berbeda-beda. Pengaruh logam-logam tersebut terhadap organisme akuatik dan manusia sangat berbahaya. Oleh karena itu perlu dilakukan pemisahan logam timbal dari limbah cair dengan metode *Supported Liquid Membranes* (SLM) berbentuk membrane PTFE dengan campuran pembawa D2EHPA yang memiliki efektivitas dan selektivitas yang tinggi terhadap ion logam Pb. Dalam proses pemisahan/pengadukan digunakan kerosen sebagai pelarut untuk D2EHPA dan asam sebagai larutan fasa penerima digunakan HNO₃, HCl, dan H₂SO₄, terlihat bahwa persen transport timbal fasa umpan ke penerima dengan penggunaan HNO₃ relatif lebih tinggi dibandingkan asam fasa penerima lainnya. Sedangkan proses pengadukan melibatkan n-heksan dan kloroform sebagai pelarut organik untuk D2EHPA dan melibatkan juga H₂SO₄ sebagai larutan fasa penerima. Persen transport fasa umpan ke fasa penerima yang lebih tinggi dicapai pada penggunaan kloroform sebagai pelarut organik.

Kata Kunci: SLM, Logam Timbal, selektif, D2EHPA

1. Pendahuluan

Timbal (Pb) adalah logam yang digunakan secara luas dalam berbagai industri meliputi : batu bara, minyak, peleburan besi/baja, semen, baterai, tekstil, pestisida, gelas dan keramik. Kandungan limbah khususnya timbal sebesar 1,21 mg/L adalah suatu zat atau bahan kimia berbahaya berbentuk cair/ padat yang berpotensi tinggi menyebabkan toksisitas lingkungan dan kesehatan bagi makhluk hidup karena tidak mampu terurai oleh proses alam [1] [2]. Ambang batas kadar timbal dalam darah manusia sebesar 0,4 µg/ml. Dalam konsentrasi tinggi, timbal dapat menyebabkan muntah, anemia, terganggunya fungsi imun, kerusakan susunan saraf dan kerusakan organ tubuh seperti ginjal, saluran pencernaan. Menurut PP RI No. 82 Tahun 2001 batas minimum kandungan timbal dalam limbah sebesar 0,03 mg/L. Menurut World Health Organization (WHO) dan Food and Agriculture Organization (FAO)

timbal banyak dimanfaatkan sehingga kebutuhan timbal pada masyarakat dunia menjadi tinggi menyebabkan makanan menjadi terpapar oleh timbal berkisar 1,73-4,25 ppm [3]. Oleh karena itu, mengingat toksisitas timbal bagi makhluk hidup, maka limbah yang mengandung timbal sebelum dibuang ke perairan harus diolah terlebih dahulu untuk mengambil kembali kandungan timbalnya. Salah satu cara untuk mengatasi permasalahan tersebut dengan pemisahan timbal dan daur ulang.

Metode pemisahan timbal dari larutan, yang pernah dilaporkan diantaranya adalah menggunakan adsorben dan ekstraksi pelarut. Metode adsorpsi menggunakan tanaman air (Aquatic Plants) dapat membentuk kompleks dengan timbal sehingga tanaman air (Aquatic Plants) dapat dimanfaatkan sebagai adsorben logam timbal dalam larutan [4]. Metode lainnya, ekstraksi pelarut memberikan harapan yang baik dalam pemisahan logam-logam berat, termasuk timbal dari larutan

Doi:

[5]. Pengembangan dari metode ekstraksi pelarut adalah teknik membran cair.

Telah dikembangkan suatu teknologi terbaru dari teknik membran cair yang dinilai efisien dan efektif digunakan untuk *recovery* logam-logam berat yang berharga, produk toksik (logam berat, molekul organik), pengolahan limbah, pemisahan produk bio dan gas. Teknik pemisahan ini didasarkan solut antara dua fasa larutan (melalui ekstraksi) melalui teknik SLM seperti pH, komposisi fasa umpan, konsentrasi pembawa, tipe membran pendukung dan fasa penerima [6] [7].

Cholid dkk melakukan penelitian dengan metode SLM, menggunakan membran padat berpori PTFE (polimer inert dengan atau tanpa cabang) bersifat hidrofobik sehingga air tidak dapat membasahi membran, yang berfungsi sebagai pendukung diimpregnasi dengan senyawa pembawa D2EHPA untuk pemisahan selektif dari campuran logam-logam lainnya membuktikan afinitas timbal yang besar terhadap D2EHPA. E. Jean dkk melakukan penelitian menggunakan larutan asam sebagai fasa penerima berperan sangat penting dalam pemisahan logam dengan urutan $Cd(II) > Hg(II) > Cr(III)$ menggunakan teknik SLM dengan pembawa D2EHPA [8]. N. Ali dkk membuktikan bahwa menggunakan teknik SLM dengan pembawa TDDA dengan fasa penerima HCl akan menghasilkan efisiensi ekstraksi sebesar 93% selama 180 menit [9].

Oleh karena itu, dari berbagai permasalahan yang telah dipelajari mengenai hal-hal di atas pada penelitian ini dilakukan dengan pengambilan timbal (II) dari limbah cair simulasi menggunakan metode *Support Liquid Membrane* (SLM) menggunakan D2EHPA sebagai senyawa pembawa atau senyawa penarik kation karena memiliki kestabilan yang besar terhadap hidrolisa dan bersifat hidrofobik menyebabkan dimer molekul ini membentuk ikatan dengan ion logam, jika sudah dimer akan memutuskan satu ikatan hidrogen dari dua ikatan hidrogen. Keuntungan dari teknik ini adalah bahwa kebutuhan ekstraktan/senyawa pembawa yang digunakan untuk ekstraksi sedikit, pengoperasiannya sederhana dan biayanya yang murah. Metode pemisahan ini memiliki kelebihan, seperti dapat diterapkan walaupun konsentrasi ion logam terlarut rendah, proses berlangsung secara sinambung, menggunakan sedikit pelarut organik [10].

2. Metode Penelitian

2.1. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah peralatan gelas laboratorium, neraca analitis (Mettler-200), seperangkat sel pemisahan SLM

tunggal, pHmeter (HACH E C20), spektrofotometer serapan atom (Perkins Elmer 3110).

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah garam $Pb(NO_3)_2$ (G.R), kerosen, kloroform, n-heksan, D2EHPA, membran PTFE (0,45 μm), HNO_3 65% (G.R), HCl 37% (G.R), H_2SO_4 98% (G.R)

2.2. Cara Kerja

2.2.1 Preparasi Larutan

a) Larutan Fasa Umpan

Fasa umpan dibuat dengan melarutkan sebanyak 3,6 gram kristal $Pb(NO_3)_2$ ke dalam labu takar 100 mL dengan akuades. Fasa umpan dikondisikan dengan penambahan larutan HNO_3 hingga memiliki nilai pH 3.

b) Larutan Fasa Penerima

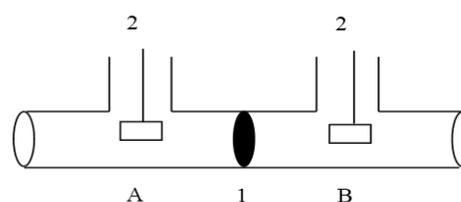
Larutan fasa penerima HNO_3 , H_2SO_4 dan HCl masing-masing dibuat menjadi tiga seri larutan dengan volume masing-masing 100 mL dalam pH 1; 0,75 dan 0,5.

c) Larutan D2EHPA

Larutan D2EHPA 1 M dibuat dengan mengencerkan larutan D2EHPA induk 2,86 M menggunakan beberapa pelarut yang berbeda yaitu kerosen, kloroform dan n-heksan.

2.2.2 Penyiapan Membran

Membran PTFE direndam ke dalam larutan D2EHPA 1 M selama 2 jam. Membran PTFE yang sudah diimpregnasi dengan larutan D2EHPA diletakkan diantara bejana A dan B yang berturut-turut berisi fasa umpan dan fasa penerima seperti pada gambar 1, pengadukan dilakukan selama 3 jam.



Gambar 1. Skema sel pemisahan SLM; membran (1); pengaduk (2) fasa umpan (A); fasa penerima (B)

2.2.3 Pengukuran pH

Setelah fasa umpan dan fasa penerima melalui proses pengadukan, dilakukan pengukuran pH dengan alat pHmeter.

2.2.4 Analisis AAS

Kandungan ion timbal (Pb^{2+}) dalam fasa umpan dan fasa penerima setelah proses pengadukan diukur dengan Spektrofotometer

Doi:

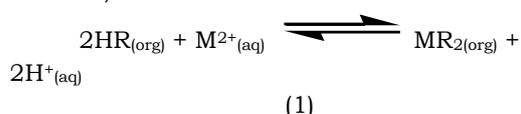
Serapan Atom (Atomic Absorbance Spectrophotometry, AAS), pada panjang gelombang 217 nm dengan bahan bakar asetilen-udara.

3. Hasil Dan Pembahasan

3.1. Proses Transport

Transport ion logam melalui suatu membran cair terjadi melalui beberapa tahapan (Parthasarathy dkk, 2004), yaitu:

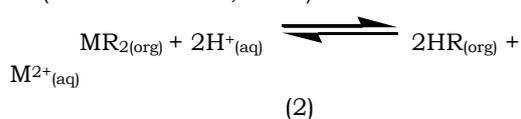
- Difusi ion logam menuju antarmuka fasa umpan-membran
- Kompleksasi ion logam, M^{2+} , dengan senyawa pembawa, HR/C, untuk membentuk $(MR_2)/MC$. Reaksinya dapat dituliskan sebagai berikut (Valenzueladkk, 2005):



dimana HR/(C) adalah senyawa pembawa D2EHPA

- partisi menuju fasa organik/membran
- difusi kompleks $MC/(MR_2)$ menuju antarmuka fasa penerima-membran
- dekompleksasi $MC/(MR_2)$ pada antarmuka fasa penerima-membran dan senyawa pembawa mengikat H^+ membentuk gugus hidroksil kembali. Pembawa yang telah diregenerasi tersebut berdifusi balik menuju antar muka fasa umpan-membran kemudian melepas ion H^+ dan membawa ion logam yang lain dan demikian seterusnya (proses kontinyu).

Pada antar muka fasa penerima-membran, kompleks $MC/(MR_2)$ mengalami kontak dengan larutan asam yang mampu melepaskan logam ke fasa penerima, berdasarkan reaksi ekstraksi balik berikut (Valenzuela dkk, 2005):



$2HR$ adalah bentuk dimer dari D2EHPA jika dilarutkan dalam pelarut organik yang sesuai. D2EHPA dalam kerosen, berada dalam bentuk dimer (Ma dkk, 2002).

Tahap (i) hingga (iii) menunjukkan bagaimana solut (logam) tertransport dari fasa umpan menuju ke fasa membran, sedangkan tahap (iv) dan (v) menunjukkan bagaimana solut tertransport dari fasa membran ke fasa penerima yang ditandai dengan adanya perubahan pH fasa umpan dan penerima serta perubahan konsentrasi timbal dalam fasa umpan dan fasa penerima setelah proses pemisahan/pengadukan. Perubahan itu dapat dilihat pada tabel 1 sampai 4.

Tabel 1 Perubahan pH fasa umpan dan penerima, dengan kerosen sebagai pelarut organik untuk D2EHPA dalam berbagai fasa penerima

Asam Penerima	pH fasa umpan		pH fasa penerima	
	t_0	t_3	t_0	t_3
HNO ₃	3,00	2,071	1	1,125
	3,00	2,049	0,75	0,948
	3,00	1,948	0,5	0,810
HCl	3,00	2,244	1	1,351
	3,00	2,002	0,75	1,036
	3,00	2,112	0,5	0,818
H ₂ SO ₄	3,00	2,564	1	1,129
	3,00	2,390	0,75	1,059
	3,00	2,128	0,5	0,716

Tabel 2 Perubahan pH fasa umpan dan penerima pada penggunaan fasa penerima H₂SO₄ dan variasi pelarut organik

Pelarut Organik	pH fasa umpan		pH fasa penerima	
	t_0	t_3	t_0	t_3
Kerosen	3,00	2,564	1	1,129
	3,00	2,390	0,75	1,059
	3,00	2,128	0,5	0,716
Kloroform	3,00	2,350	1	1,008
	3,00	2,164	0,75	0,809
	3,00	2,195	0,5	0,737
N-heksan	3,00	2,318	1	1,064
	3,00	2,303	0,75	0,788
	3,00	2,156	0,5	0,643

t_0 = keadaan awal

t_3 = keadaan setelah pengadukan 3 jam

Tabel 3 Konsentrasi logam timbal dalam masing-masing fasa, setelah pengadukan dengan variasi pH fasa penerima

Fasa Penerima	pH	Konsentrasi logam timbal (ppm)		
		Fasa Umpan (F_u)	Fasa Membran (F_m)	Fasa Penerima (F_p)
HNO ₃	1	7,2	19,47	31,98
	0,75	11,5	36,84	10,31
	0,5	17,4	36,83	4,42
HCl	1	9,7	28,83	20,12
	0,75	8,6	47,17	2,88
	0,5	20,1	35,25	3,30
H ₂ SO ₄	1	13,2	42,28	3,17
	0,75	9,6	46,47	2,58
	0,5	14,9	41,08	2,67

*pelarut organik yang digunakan adalah kerosen

Doi:

Tabel 4 Konsentrasi logam timbal dalam masing-masing fasa, setelah pengadukan dengan variasi pelarut organik dan pH fasa penerima H_2SO_4

Pelarut Organik	pH Fasa Penerima	Kadar logam timbal (ppm)		
		Fasa Umpa n (F_u)	Fasa Membran (F_m)	Fasa Penerima (F_p)
Kerosen	1	13,2	42.28	3,17
	0,75	9,6	46.47	2,58
	0,5	14,9	41.08	2,67
Kloroform	1	6,6	48.68	3,37
	0,75	4,1	51.84	2,71
	0,5	2,6	53.3	2,75
n-heksan	1	10,6	44.63	3,42
	0,75	2,7	54.68	1,27
	0,5	2,6	53.39	2,66

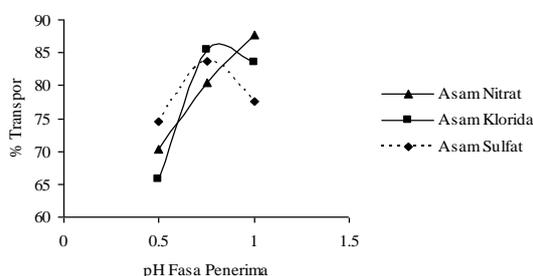
*konsentrasi awal timbal sebelum pengadukan sebesar 58,65 ppm

*konsentrasi timbal dalam fasa membran = (konsentrasi timbal sebelum pengadukan) – (konsentrasi timbal dalam fasa umpa + konsentrasi timbal dalam fasa penerima setelah pengadukan)

Banyaknya logam yang berhasil dipisahkan dalam proses membran cair dinyatakan sebagai persen transport. Persen transport dapat ditinjau berdasarkan konsentrasi logam yang tersisa dalam fasa umpa (yang menyatakan besarnya persen transport logam dari fasa umpa ke fasa membran), semakin sedikit logam yang tersisa dalam fasa umpa maka nilai persen transportnya pun semakin besar

$$\% \text{transport} = \frac{[\Sigma \text{logam di fasa umpa}]_{t_0} - [\Sigma \text{logam di fasa umpa}]_{t_3}}{[\Sigma \text{logam di fasa umpa}]_{t_0}} \times 100\%$$

dimana, t_0 adalah waktu sebelum pengadukan
 t_3 adalah waktu setelah pengadukan

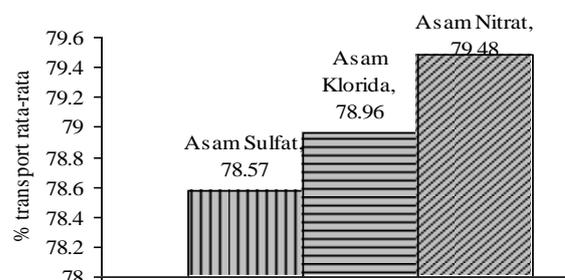


Gambar 2. Grafik persen transport fasa membran ke fasa penerima, dengan kerosen sebagai pelarut untuk D2EHPA (data tabel 3)

Dari tabel 1 sampai 4 terlihat bahwa setelah pengadukan selama 3 jam, terjadi penurunan pH dan konsentrasi logam di fasa umpa serta kenaikan pH dan konsentrasi logam di fasa

penerima hal ini menunjukkan adanya keterlibatan ion H^+ dalam transport logam Pb.

Apabila data persen transport dalam gambar 2 di atas dibuat rata-ratanya (gambar 3), maka akan lebih jelas terlihat bahwa dengan menggunakan fasa penerima HNO_3 , persen transport yang dihasilkan lebih tinggi dibandingkan HCl dan H_2SO_4 .



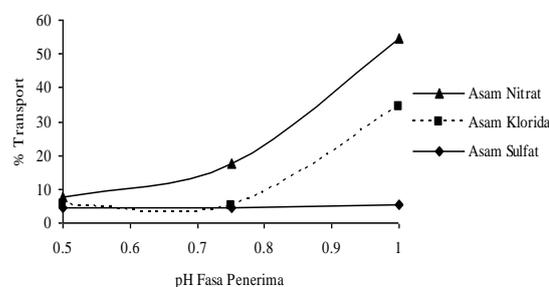
Gambar 3. Grafik rata-rata persen transport fasa membran ke fasa penerima, dengan kerosen sebagai pelarut untuk D2EHPA

Persen juga dapat ditinjau berdasarkan banyaknya logam yang tertransport di fasa penerima (tahap iv dan v), dinyatakan dengan persen transport fasa membran ke fasa penerima,

$$\% \text{transport} = \frac{[\Sigma \text{logam di fasa penerima}]_{t_3}}{[\Sigma \text{logam di fasa umpa}]_{t_0}} \times 100\%$$

dimana, t_0 = keadaan awal

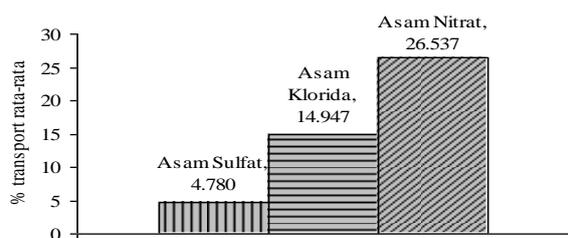
t_3 = keadaan setelah pengadukan 3 jam



Gambar 4 Grafik persen transport fasa membran ke fasa penerima, dengan kerosen sebagai pelarut untuk D2EHPA (data tabel 3)

Gambar 4 menunjukkan bahwa nilai transport fasa membran ke fasa penerima pada pH di bawah 1 untuk semua fasa penerima mengalami penurunan, yang kemungkinan disebabkan karena senyawa pembawa (D2EHPA) terprotonasi pada daerah pH tersebut sehingga mengurangi kemampuannya untuk mentransport analit bermuatan (Pb^{2+}) (Mulugeta dkk, 2004).

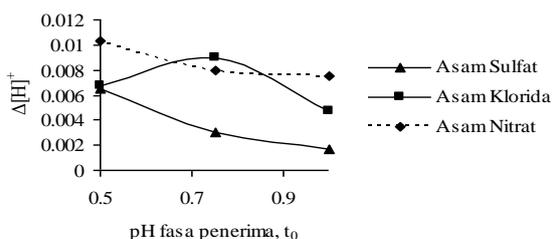
Doi:



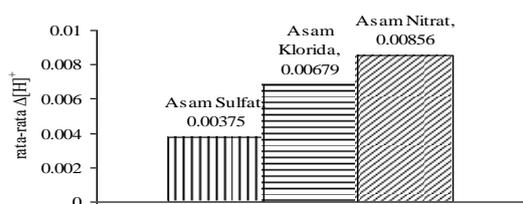
Gambar 5 Grafik rata-rata persen transport fasa membran ke fasa penerima, dengan kerosen sebagai pelarut untuk D2EHPA

Dari gambar 2 sampai gambar 5, dapat disimpulkan bahwa fasa penerima HNO_3 menyebabkan transport logam Pb yang lebih besar dari fasa umpan ke fasa penerima dibandingkan dengan jenis asam lainnya yaitu HCl dan H_2SO_4 . Hal tersebut kemungkinan disebabkan oleh kemampuan HNO_3 dalam memutuskan kompleks Pb-D2EHPA di fasa membran yang lebih baik dibandingkan jenis asam yang lain (Siswanta dkk, 2003).

Ion H^+ berperan sangat penting dalam proses transport, jumlah ion H^+ yang bertambah di fasa umpan (penurunan pH) mengindikasikan jumlah solut (Pb) yang terambil dari fasa umpan (tahap v). Oleh karena itu perlu diketahui pengaruh banyaknya proton (H^+) atau $\Delta[\text{H}]^+$ yang terlibat dalam proses transport. $\Delta[\text{H}]^+$ adalah selisih antara jumlah ion H^+ setelah proses pemisahan dengan jumlah ion H^+ mula-mula dalam fasa umpan. Gambar 6 memperlihatkan banyaknya H^+ yang terlibat dalam mekanisme pertukaran ion H^+ dengan ion Pb^{2+} dalam proses transport (tahap v).



Gambar 6 Grafik $\Delta[\text{H}]^+$ fasa umpan versus pH fasa penerima mula-mula



Gambar 7 Grafik rata-rata $\Delta[\text{H}]^+$ fasa umpan

Apabila data $\Delta[\text{H}]^+$ pada gambar 6 dirata-rata (gambar 7), maka akan lebih jelas terlihat bahwa pada penggunaan HNO_3 sebagai fasa penerima,

jumlah $\Delta[\text{H}]^+$ nya lebih besar dibandingkan dengan HCl dan H_2SO_4 . Ini menunjukkan bahwa jumlah ion H^+ yang terlibat dalam proses pertukaran ion sebanding dengan persen transport timbal (gambar 2 sampai gambar 5), yaitu semakin besar $\Delta[\text{H}]^+$ semakin besar transport Pb dari fasa umpan ke fasa penerima. Hal tersebut menunjukkan terjadinya mekanisme pertukaran ion dalam proses transport.

Tidak terbentuknya endapan di fasa penerima pada berbagai nilai pH, untuk fasa penerima HCl maupun H_2SO_4 disebabkan karena konsentrasi minimal logam Pb yang tertransport menuju fasa penerima tidak cukup untuk mengendapkannya sebagai PbCl_2 maupun PbSO_4 . Sehingga menimbulkan dugaan bahwa banyak Pb yang tertahan dalam fasa membran.

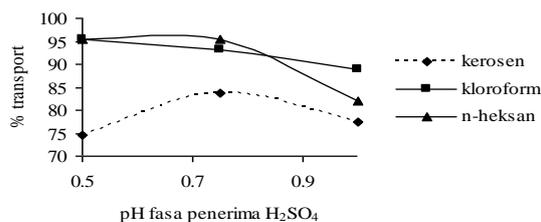
3.2. Pengaruh Pelarut Organik terhadap Proses Transport

Bila nilai persen transport fasa umpan ke fasa membran (gambar 2 dan 3) dibandingkan dengan persen transport fasa membran ke fasa penerima (gambar 4 dan 5), maka akan ditemukan bahwa nilai persen transport fasa umpan ke fasa membran (gambar 2 dan 3) jauh lebih besar dibanding persen transport fasa membran ke fasa penerima (gambar 4 dan 5). Hal itu memperlihatkan bahwa banyak solut (Pb) yang tertahan dalam fasa membran.

Pemilihan pelarut organik sangat penting dalam teknik SLM sebab berperan langsung dalam kestabilan membran/fasa organik. Pemilihan kombinasi yang sesuai dari pendukung, pelarut dan senyawa pembawa dapat meningkatkan kestabilan fasa membran/fasa organik (Hassoune dkk, 2004)

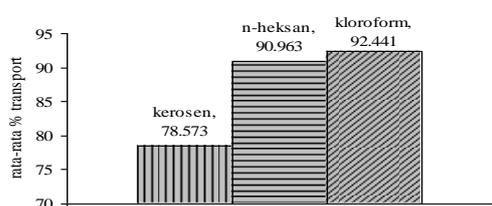
Dalam sistem SLM, oleh karena adanya keterlibatan sistem air maka kelarutan pelarut dalam fasa air haruslah sangat rendah. Dengan kata lain, pelarut organik tersebut harus jadi pelarut baik bagi pembawa maupun kompleks solut-pembawa (Pb-D2EHPA). Kerosen, n-heksan dan kloroform merupakan senyawa yang memiliki kelarutan rendah dalam air (non polar) sehingga kemungkinan besar dapat digunakan sebagai pelarut organik dalam teknik SLM. Oleh karena proses transport dipengaruhi oleh keadaan dalam fasa membran/organik, maka dilakukan penelitian terhadap pengaruh pelarut organik. Pelarut organik yang digunakan dalam penelitian ini adalah n-heksan dan kloroform.

Doi:

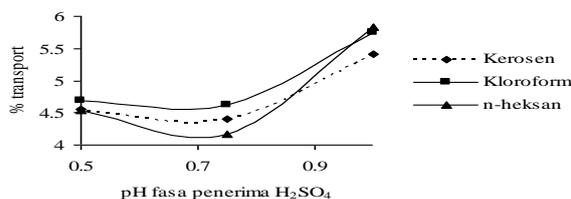


Gambar 8 Grafik persen transport fasa umpan ke fasa membran, dengan variasi pelarut organik untuk D2EHPA (data dalam tabel 4)

Rata-rata persen transport dari data dalam gambar 8 diperlihatkan dalam gambar 9 berikut,

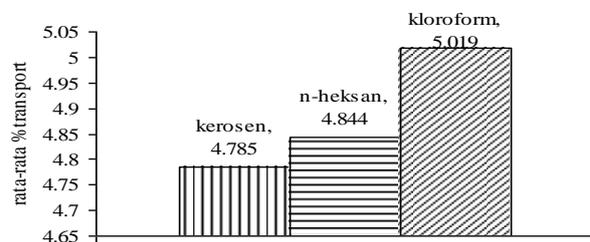


Gambar 9 Grafik rata-rata persen transport fasa umpan ke fasa membran, dengan variasi pelarut organik untuk D2EHPA



Gambar 10 Grafik persen transport fasa membran ke fasa penerima, dengan variasi pelarut organik untuk D2EHPA (data dalam tabel 4)

Sedangkan rata-rata persen transport fasa membran ke fasa penerima dari data dalam gambar 10 diperlihatkan dalam gambar 11 berikut,



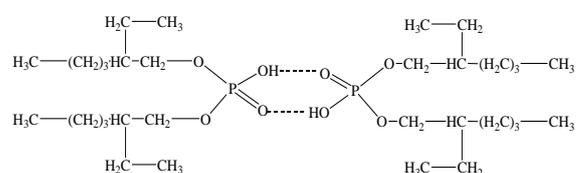
Gambar 11 Grafik rata-rata persen transport fasa membran ke fasa penerima, dengan variasi pelarut organik untuk D2EHPA

Data dalam gambar 8 sampai 11 memperlihatkan bahwa dengan penggunaan kloroform, persen transport timbal fasa umpan ke

fasa membran (gambar 8 dan 9) dan fasa membran ke fasa penerima (9 dan 11) yang dihasilkan relatif lebih tinggi dibandingkan menggunakan n-heksan dan kerosen. Hal ini disebabkan kelarutan kompleks Pb-D2EHPA lebih baik dalam kloroform dibandingkan dalam pelarut yang lebih non polar (n-heksan dan kerosen). Sehingga kompleks Pb-D2EHPA yang terbentuk cukup stabil (dalam antarmuka fasa umpan-membran) sekaligus cukup mudah untuk diputuskan (dalam antarmuka fasa membran-penerima) (Mulder, 1991).

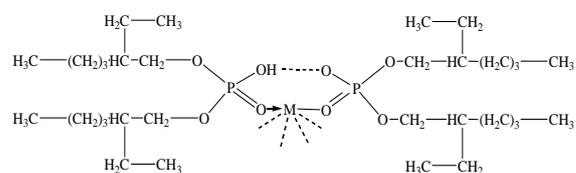
3.3. Sintesis Dimer D2EHPA

D2EHPA mengalami dimerisasi dalam pelarut non polar dengan konstanta dimerisasi (pK_{dp}) = 3,8 (Ma dkk, 2002).

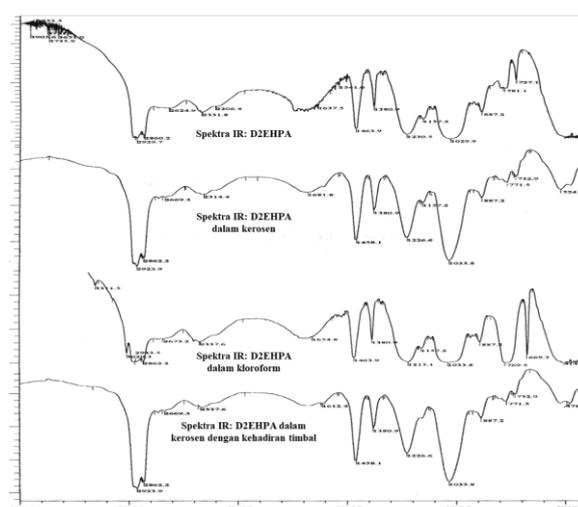


Gambar 12 Bentuk dimer D2EHPA

Dimer ini terbentuk melalui ikatan hidrogen. Jika terbentuk ikatan dengan ion logam maka dimer itu kemudian akan memutuskan satu ikatan hidrogen dari dua ikatan hidrogen yang dimilikinya.



Gambar 13 Kompleks D2EHPA dengan logam M²⁺



Gambar 14 Spektra IR D2EHPA dalam berbagai kondisi

Doi:

Dalam bentuk monomernya, vibrasi rentangan P=O dalam D2EHPA akan menyerap pada frekuensi sekitar 1315 – 1180 cm^{-1} . Dari spektra IR (gambar 14), terlihat bahwa vibrasi rentangan P=O dari D2EHPA (monomer) berada pada sekitar 1230,5 cm^{-1} (Sastrohamidjojo, 1992).

Bila spektra tersebut dibandingkan dengan spektra IR dari D2EHPA yang dilarutkan dalam kerosen dan kloroform, maka akan memperlihatkan kedimeran D2EHPA dalam kerosen dan kloroform. Dalam kerosen terlihat bahwa vibrasi rentangan P=O dari D2EHPA dalam kerosen mengalami penurunan frekuensi menjadi 1226,6 cm^{-1} sedangkan D2EHPA dalam kloroform menjadi 1215,1 cm^{-1} . Hal ini disebabkan karena terjadi dimerisasi melalui ikatan hidrogen. Ikatan hidrogen akan memperpanjang ikatan akibatnya akan menurunkan tetapan gaya rentangan (K) sehingga frekuensi akan bergeser ke arah yang lebih rendah.

Ikatan timbal dengan dimer D2EHPA, terjadi melalui mekanisme pertukaran ion H^+ dengan timbal. Frekuensi serapan dari O-H yang terikat pada fosfor berada pada sekitar 1040-910 cm^{-1} . Apabila spektra IR D2EHPA dalam kerosen dibandingkan dengan spektra IR dalam kerosen dengan kehadiran timbal (gambar 14), terlihat bahwa keduanya memiliki intensitas dan frekuensi serapan O-H yang sama yaitu 1033,8 cm^{-1} .

Hal itu menunjukkan bahwa spektra IR belum dapat memperlihatkan ikatan antara dimer dengan timbal (Pb^{2+}). Kemungkinan lain adalah terlalu rapatnya *range* spektra IR anorganik yang digunakan sehingga perubahan spektra tidak teramati. Tetapi berdasarkan penurunan pH dan konsentrasi timbal dalam fasa umpan, serta kenaikan pH dan konsentrasi timbal dalam fasa penerima setelah pengadukan., dapat disimpulkan bahwa transport berlangsung dengan mekanisme transport tandingan melalui pertukaran ion Pb^{2+} dengan ion H^+ .

Fasa emulsi yang telah dipisahkan dari fasa penerima, dieemulsifikasi dengan tiga cara yaitu, pengadukan, pemanasan, dan pendiaman. Seperti yang telah diperkirakan sebelumnya, tahap deemulsifikasi cukup sulit. Fasa emulsi tidak pecah meskipun telah diaduk selama kurang lebih tiga jam, pemanasan dengan kompor listrik selama 5 menit juga tidak mampu memecah emulsi. Sedangkan dengan cara pendiaman fasa emulsi baru pecah setelah 1 minggu pendiaman. Hal ini menunjukkan bahwa emulsi yang terbentuk sangat stabil. Kestabilan emulsi adalah faktor penting sekaligus permasalahan dalam teknik ELM.

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa pH, jenis asam larutan fasa penerima dan pelarut organik mempengaruhi proses transport logam timbal dalam teknik SLM. Pada penggunaan H_2SO_4 sebagai fasa penerima, dengan variasi pH dan pelarut organik, didapatkan hasil bahwa persen transport tertinggi dicapai pada penggunaan kloroform sebagai pelarut organik. Hal ini disebabkan kelarutan kompleks Pb-D2EHPA lebih baik dalam kloroform dibandingkan dalam pelarut yang lebih non polar (n-heksan dan kerosen). Transport timbal menggunakan D2EHPA dengan teknik SLM berjalan melalui mekanisme transport tandingan yaitu melalui pertukaran ion Pb^{2+} dengan ion H^+ . Hal ini dapat dibuktikan oleh adanya penurunan pH dan konsentrasi timbal dalam fasa umpan, serta kenaikan pH dan konsentrasi timbal dalam fasa penerima setelah pengadukan. Meskipun ikatan antara timbal dan dimer D2EHPA belum dapat dijelaskan dengan spektroskopi IR.

5. Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada LPPM Universitas Diponegoro atas didanainya penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] Slaveykova, Vera I., Nalini Parthasarathy, Jacques Buffle, Kevin J. Wilkinson, Permeation liquid membrane as a tool for monitoring bioavailable Pb in natural waters, *Science of The Total Environment*, 328, 1, (2004), 55-68 <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2003.10.007>
- [2] Cukrowska, Ewa, Luke Chimuka, Hermogène Nsengimana, Valerie Kwaramba, Application of supported liquid membrane probe for extraction and preconcentration of organotin compounds from environmental water samples, *Analytica Chimica Acta*, 523, 1, (2004), 141-147 <https://doi.org/10.1016/j.aca.2004.07.021>
- [3] Izzah, Hananingtyas, Studi Pencemaran Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) pada Ikan Tongkol (*Euthynnus SP.*) di Pantai Utara Jawa, *Biotropic*, 1, 2, (2017), 41-50 <https://doi.org/10.29080/biotropic.2017.1.2.41-50>
- [4] Rahmi, Rizna, Sajidah Sajidah, PEMANFAATAN ADSORBEN ALAMI (BIOSORBEN) UNTUK MENGURANGI KADAR TIMBAL (Pb) DALAM LIMBAH CAIR, *Prosiding Biotik*, 5, 1, (2018),

Doi:

- [5] Tamalonggehe, Joshep, Kurniati Kemer, Darus Sa'adah J Paransa, Desy MH Mantiri, Nickson J Kawung, Suzanne L Undap, Efek Senyawa Timbal Asetat Terhadap Pertumbuhan Dan Kandungan Pigmen Klorofil Mikroalga *Dunaliella* sp, *JURNAL PESISIR DAN LAUT TROPIS*, 8, 2, (2020), 1-10
<https://doi.org/10.35800/jplt.8.2.2020.28764>
- [6] Ata, Osman Nuri, Modelling of copper ion transport through supported liquid membrane containing LIX 984, *Hydrometallurgy*, 77, 3-4, (2005), 269-277
<https://doi.org/10.1016/j.hydromet.2004.11.007>
- [7] Sulniawati, Sulniawati, Baharuddin Hamzah, Paulus Hengky Abram, Ekstraksi Ion Merkuri Menggunakan Teknik Emulsi Membran Cair dengan Variasi Konsentrasi Benzoil Aseton dalam Fasa Membran dan Variasi pH Fasa Eksternal, *Jurnal Akademika Kimia*, 6, 4, 232-236
- [8] Jean, E, D Villemin, M Hlaibi, Laurent Lebrun, Heavy metal ions extraction using new supported liquid membranes containing ionic liquid as carrier, *Separation and purification technology*, 201, (2018), 1-9
<https://doi.org/10.1016/j.seppur.2018.02.033>
- [9] Ali, Nauman, Sunbul Azeem, Adnan Khan, Hamayun Khan, Tahseen Kamal, Abdullah M Asiri, Experimental studies on removal of arsenites from industrial effluents using tridodecylamine supported liquid membrane, *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 11, (2020), 11932-11943
<https://doi.org/10.1007/s11356-020-07619-5>
- [10] Jariah, Ainun, Yeti Kurniasih, Yusran Khery, Pengaruh Penambahan Senyawa Pengompleks Pada Fasa Penerima Terhadap Pemisahan Logam Perak dengan Teknik SLM (Supported Liquid Membrane), *Prosiding Seminar Nasional Pendidik dan Pengembang Pendidikan Indonesia*, 2018