

**PEMISAHAN KROM(VI) DARI LIMBAH ELEKTROPLATING MENGGUNAKAN
METODE *POLYMER INCLUSION MEMBRANE* (PIM)**

***SEPARATION OF CHROM (VI) FROM ELECTROPLATING WASTE USING POLYMER
INCLUSION MEMBRANE (PIM) METHOD***

Muhammad Cholid Djunaidi^{a*}, Khabibi^a, Rizka Nurfitriana^a

^aDepartemen Kimia Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro Jl. Prof. Soedarto
Semarang telp. (024) 7474754

* email : choliddjunaidi@live.undip.ac.id

DOI : 10.20961/alchemy.v13i1.4562

Received 31 January 2017, Accepted 27 March 2017, Published online 29 March 2017

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian pemisahan logam krom(VI) menggunakan metode *polymer inclusion membrane* (PIM). Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan PIM, melakukan pemisahan ion logam krom(VI) menggunakan PIM dan menentukan pengaruh konsentrasi fasa umpan, ketebalan membran dan banyaknya pemakaian membran terhadap difusi ion logam krom(VI). PIM dibuat dengan mencampurkan Aliquat 336-*tributyl phosphate* (TBP) sebagai senyawa pembawa, *polyvinyl chloride* (PVC) sebagai polimer dasar, *dibutyl ether* (DBE) sebagai *plasticizer* dan *tetrahydrofuran* (THF) sebagai pelarut. Membran PIM diletakkan diantara fasa umpan sebagai sumber analit dan fasa penerima sebagai hasil pemisahan. Fasa umpan adalah limbah elektroplating yang mengandung logam krom(VI) dengan pH 4, sedangkan fasa penerima adalah larutan NaCl 2 N dengan pH 6,7. Variabel berubah yang digunakan dalam penelitian ini adalah konsentrasi fasa umpan dengan variasi pengenceran: 100x, 50x dan 10x, ketebalan membran: 25 μm , 20 μm dan 10 μm dan pemakaian membran sebanyak 3 kali. Kadar ion logam krom(VI) yang berdifusi sesudah proses pemisahan dianalisis menggunakan *atomic absorption spectroscopy* (AAS). Uji stabilitas membran dilakukan dengan cara analisis keberadaan senyawa komponen penyusun membran di dalam fasa umpan dan fasa penerima. Analisis dilakukan dengan menggunakan spektrofotometri UV-Vis. Sedangkan analisis *scanning electron microscopy* (SEM) dilakukan untuk mengetahui morfologi permukaan membran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ion logam krom(VI) yang paling banyak berdifusi dari fasa umpan sebesar 99,24 % sedangkan yang berdifusi ke fasa penerima sebesar 85,88 %. Difusi ion logam tertinggi terjadi pada pemakaian pertama membran PIM dengan ketebalan 10 μm dan konsentrasi fasa umpan 10,55 ppm (hasil dari 100 kali pengenceran). Sehingga dapat disimpulkan bahwa difusi ion logam krom(VI) dipengaruhi oleh konsentrasi fasa umpan, ketebalan membran dan jumlah pemakaian membran.

Kata Kunci: limbah elektroplating, membran cair, pemisahan ion krom (VI), *polymer inclusion membrane*.

ABSTRACT

Research of chromium (VI) separation has been done using polymer inclusion membrane (PIM) method. This study aims to generate PIM, separate the metal ion chromium (VI) using PIM and determine the effect of the concentration of the feed phase, the thickness of the membrane and the amount of usage of the membrane for ion chromium (VI) diffusion. Polymer inclusion membrane (PIM) was made by mixing Aliquat 336-TBP as carrier compounds, PVC as the base polymer, DBE as a plasticizer and THF as a solvent. PIM membrane was placed between the source of analyte as a feed phase and result of the separation as a receiver phase. Feed phase was electroplating waste metal containing chromium (VI) at pH 4, while the receiver phase was a 2 N NaCl solution with a pH 6.7. The change of variables in this study were the concentration of the feed phase at various dilution i.e., 100x, 50x and 10x, the thickness of the membrane i.e., 25 μm , 20 μm and 10 μm , and the time of membrane using i.e., 1, 2 and 3 times. The concentration of chromium (VI) diffused after separation process was analyzed by atomic absorption spectroscopy (AAS). The stability of membrane was observed by analyzing the presence of membrane's component in the feed phase and in the receiver phase. The analysis was conducted by UV-Vis spectrophotometry. Meanwhile, scanning electron microscopy (SEM) analysis was used to determine the morphology of membrane surface. The results showed that the chromium ion concentration diffused from the feed phase was 99.24 %, meanwhile the 85.88 % of it diffused to the receiving phase. The highest Cr(VI) ions diffusion was occurred at the first use of PIM membrane with a thickness of 10 μm and the concentration of the feed phase was 10.55 ppm (resulted from 100 times dilution). Therefore, it can be concluded that the diffusion of chromium (VI) ion was influenced by the concentration of feed phase, the thickness of membrane and the number of membrane application.

Keywords: chrome (VI), electroplating waste, liquid membrane, polymer inclusion membrane.

PENDAHULUAN

Krom(VI) dikenal sebagai zat karsinogenik yang dapat merusak fungsi kerja DNA dalam sel, sehingga dapat mengakibatkan terjadinya mutasi pada makhluk hidup. Krom(VI) juga dapat menyebabkan iritasi pada kulit, kerusakan pada membran mukosa, ginjal, saluran pencernaan dan hati. Selain sebagai polutan, logam krom juga bermanfaat bagi manusia baik dalam kegiatan sehari-hari maupun dalam proses industri, seperti untuk elektroplating. Oleh karena beracun dan berharganya logam ini maka sangat penting dilakukan suatu proses pemisahan dari limbah yang mengandung krom. Daur ulang dan penggunaannya kembali merupakan aspek penting dalam perkembangan industri di masa depan (Choi *and* Moon, 2004).

Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk pemisahan ion logam, salah satunya menggunakan membran cair. Teknik membran cair telah menarik perhatian banyak peneliti karena selektivitasnya yang tinggi dengan adanya senyawa pembawa (*carrier*) yang

terdapat dalam membran. Telah banyak penelitian dilakukan untuk mengetahui penggunaan membran cair pada berbagai proses pemisahan dan pemurnian seperti pemisahan isomer, gas, ion logam dan sebagainya. Akan tetapi, kekurangstabilannya menjauhkan membran cair dari aplikasi/komersialisasi pada proses pemisahan dan pemurnian industri. Ketidakstabilan dikarenakan oleh hilangnya pelarut dan senyawa pembawa (*carrier*) ke dalam larutan melalui pembentukan tetesan emulsi atau adanya perbedaan tekanan yang terdapat dalam membran (Kusumocahyo *et al.*, 2006).

Mengatasi hal ini, Sugiura *et al.* (1989) berhasil memperoleh membran yang stabil, dengan cara menjeratkan membran cair ke dalam membran selulosa triasetat ditambah dengan *plasticizer* yang menjadi generasi baru dari Membran Cair Berpendukung (SLM). Jenis membran difusi ini disebut *Polymer Inclusion Membrane* (PIM). PIM menunjukkan kelebihan dari membran cair lainnya khususnya SLM diantaranya adalah kestabilan yang sangat tinggi, *carrier* yang hilang selama proses dapat diabaikan, *carrier* yang digunakan lebih hemat, fluks yang dihasilkan lebih tinggi dan lebih serbaguna (Kusumocahyo *et al.*, 2006) serta selektivitas *carrier* (Djunaidi *et al.*, 2017).

Melihat kelebihan dari PIM maka dalam penelitian ini digunakan metode pemisahan ion logam dengan PIM. PIM yang digunakan dalam penelitian ini tersusun atas senyawa pembawa Aliquat 336-TBP, THF sebagai pelarut organik, DBE sebagai *plasticizer* dan PVC sebagai polimer dasar. Kinerja PIM sama seperti metode membran cair lainnya, sangat dipengaruhi oleh panjang difusi, viskositas larutan, ketebalan membran (Mulder, 1996). Oleh karena itu dalam penelitian ini dilakukan variasi ketebalan membran, konsentrasi fasa umpan, banyaknya pemakaian membran. Larutan yang digunakan sebagai fasa penerima yaitu NaCl 2 N dengan pH 6,7 karena kinerja pemisahan (difusi ion logam) akan maksimal pada kondisi tersebut (Choi *and* Moon, 2004). Dengan menggunakan beberapa variasi tersebut diharapkan ion logam krom(VI) dalam larutan limbah elektroplating dapat dipisahkan dan diperoleh sebagai ion logam yang lebih murni dan terpisah dari matriksnya.

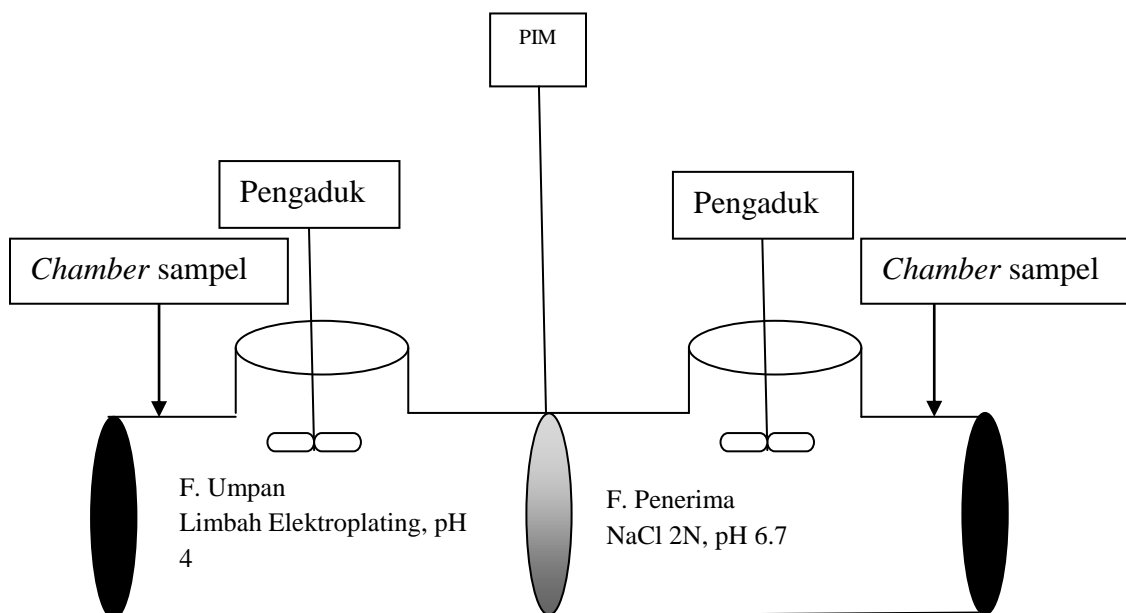
METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan adalah Aliquat 336 (Sigma-Aldrich), TBP (Sigma-Aldrich), PVC (Sigma-Aldrich), DBE (Sigma-Aldrich), THF (Sigma-Aldrich), aquades, limbah elektroplating dan larutan NaCl 2 N (Merck). Peralatan yang digunakan antara lain: seperangkat alat gelas,

seperangkat alat PIM, *magnetic stirrer*, cawan petri, pH meter (HACH E C20), UV-Vis (U-2800 *Spectrophotometer*), AAS (Perkin Elmer-3110), dan SEM (JSM 6380 LA).

Rancangan Alat Penelitian

Alat yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Skema alat.

Preparasi Fasa Umpan dan Fasa Penerima

Sampel yang digunakan sebagai fasa umpan adalah limbah elektroplating yang mengandung krom(VI) dengan variasi pengenceran yaitu: 100x, 50x dan 10x pengenceran. Konsentrasi larutan krom(VI) mula-mula adalah 1055 ppm, sedangkan untuk fasa penerima digunakan larutan NaCl 2 N. Pengkondisian pH kemudian dilakukan untuk kedua larutan tersebut, pH 4 pada fasa umpan dan pH 6,7 pada fasa penerima (Choi *and* Moon, 2004).

Preparasi PIM

PIM dibuat dengan mencampurkan senyawa pembawa, *plasticizer*, polimer dasar dan pelarut. Sebanyak 0,3125 g PVC dilarutkan dalam 25 mL THF. Pengadukan dengan *magnetic stirrer* sampai melarut sempurna, \pm 30 menit dilanjutkan dengan pembuatan larutan 0,1 M larutan senyawa pembawa sinergi dengan perbandingan komposisi Aliquat 336-TBP (4:1) menggunakan labu volumetri 5 mL dalam pelarut THF. Aliquat 336 yang digunakan sebanyak 0,183 mL dan TBP yang digunakan adalah sebanyak 0,277 mL (pengenceran dengan THF). Pencampuran dengan teliti 25 mL larutan PVC dan 5 mL larutan *carrier* dengan 1,5 mL DBE (*plasticizer*).

Setelah semuanya tercampur, kemudian campuran dimasukkan dalam cetakan kaca. Pendiaman pada suhu kamar selama 48 jam (\pm 2 hari) untuk membentuk suatu membran yang elastis. Membran yang telah kering diambil dan digunting sesuai ukuran sel PIM yang dibutuhkan.

Proses Pemisahan (Difusi Ion Logam)

Membran PIM diletakkan diantara fasa umpan sebagai sumber analit dan fasa penerima sebagai hasil pemisahan. Fasa umpan adalah limbah elektroplating yang mengandung logam krom dengan pH 4 sedangkan fasa penerima adalah larutan NaCl 2 N dengan pH 6,7. Pengadukan selanjutnya dilakukan pada masing-masing *chamber* selama 1x24 jam dengan kecepatan konstan. Proses pemisahan terjadi ketika warna larutan pada masing-masing *chamber* berubah.

Analisis Difusi Ion Logam Krom(VI)

Analisis kandungan ion logam krom(VI) pada fasa umpan dan fasa penerima sebelum dan sesudah proses pemisahan dengan menggunakan AAS, uji kestabilan membran menggunakan spektrofotometri UV-Vis dan analisis permukaan dan ketebalan membran menggunakan SEM.

PEMBAHASAN

Bab ini akan menguraikan tentang pembuatan PIM, proses difusi ion logam krom(VI), penentuan difusi terbaik menggunakan PIM dengan memvariasikan: konsentrasi fasa umpan, ketebalan membran dan banyaknya pemakaian membran. Dalam penelitian ini digunakan campuran senyawa pembawa yaitu Aliquat sebagai senyawa pembawa anion dan TBP sebagai senyawa pembawa netral dengan perbandingan 4:1 dengan konsentrasi campuran (Aliquat:TBP) 0,1 M yang digunakan untuk proses difusi ion logam krom(VI) dari limbah elektroplating.

Aliquat 336 merupakan senyawa organik penukar anion. Senyawa ini merupakan basa organik rantai panjang dan mempunyai berat molekul yang besar serta tidak larut dalam air. Gugus ini mempunyai kemampuan berikatan secara selektif dengan ion nitrat atau ion yang bermuatan negatif lainnya, sedangkan TBP merupakan pelarut non ion (netral) yang mempunyai kemampuan untuk mengekstraksi kompleks non ion (netral) (De Anil, 1997). Campuran senyawa pembawa Aliquat 336-TBP telah terbukti dapat memberikan efek sinergi (menaikkan kekuatan difusi) jika dibandingkan dengan menggunakan senyawa pembawa tunggal (Rahayu, 2009). Pada penelitian sebelumnya, Djunaidi *et al.* (2007) juga telah membuktikan efek sinergi

yang diperoleh pada ekstraksi dengan menggunakan komposisi D2EHPA-TBP yaitu pada perbandingan 4:1 dengan konsentrasi campuran D2EHPA-TBP 0,1 M.

Pembuatan PIM

PIM dibuat dengan mencampurkan PVC dan THF. PVC merupakan polimer dasar yang berperan dalam menyediakan kekuatan mekanis pada membran, sedangkan THF berfungsi sebagai pelarut organik yang melarutkan PVC. Setelah keduanya tercampur homogen selanjutnya ditambahkan campuran senyawa pembawa Aliquat 336-TBP dalam pelarut THF. Penggunaan senyawa pembawa campuran Aliquat 336-TBP dapat memberikan efek sinergi. Senyawa pembawa dalam pengambilan logam berat dari fasa umpan berfungsi sebagai ekstraktan, pengompleks dan penukar ion yang bisa mempercepat laju pengambilan logam dan meningkatkan selektivitas logam (Bartsch *and* Way, 1996).

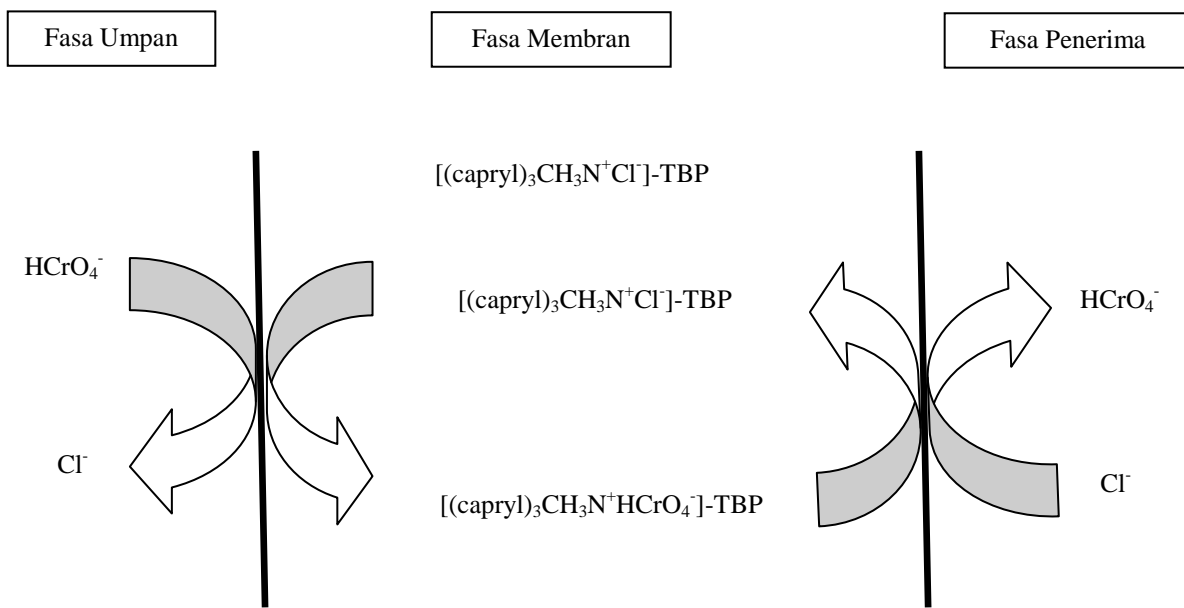
Penambahan TBP ke dalam Aliquat 336 dapat menaikkan daya pengestrak karena TBP akan menempati daerah koordinasi logam yang kosong. Daerah koordinasi logam tidak diisi penuh oleh Aliquat 336 sehingga penambahan TBP akan mengisi daerah koordinasi logam yang masih kosong tersebut (Khopkar, 1990). Tetapi, penambahan TBP juga dapat memberikan efek antisinergi karena TBP yang berlebihan dapat menyebabkan Aliquat 336 berikatan sangat kuat dengan TBP sehingga menurunkan daya ekstraksi (Beck, 1990; Rydberg, 1992). Selanjutnya ke dalam campuran ditambahkan DBE yang merupakan *plasticizers* yang berfungsi untuk meningkatkan fluks spesi logam, fleksibilitas dan elastisitas membran (Kusumocahyo *et al.*, 2006). Setelah diperoleh campuran yang homogen, kemudian dicetak dalam cawan petri dengan diameter bervariasi yaitu: 9,5 cm, 11,5 cm dan 13,5 cm dan didiamkan pada suhu kamar dan di tempat yang datar selama ± 2 hari. Setelah pendiaman selama ± 2 hari, diperoleh membran yang transparan. Membran yang telah diperoleh kemudian dipotong sesuai dengan ukuran diameter *chamber* yang akan digunakan untuk proses difusi logam.

Proses Difusi

Proses difusi logam dalam membran terjadi karena adanya gaya dorong (*driving force*) berupa gradien konsentrasi antara fasa umpan dan fasa penerima. Proses difusi logam dilakukan dengan mengaduk fasa umpan dan fasa penerima dengan kecepatan tertentu (konstan). Pengadukan berfungsi untuk mendorong spesi-spesi ion logam dalam larutan menuju permukaan membran sehingga bereaksi dengan senyawa pembawa membentuk kompleks. Semakin banyak

senyawa kompleks yang terbentuk maka semakin banyak logam yang akan berdifusi ke fasa penerima.

Mekanisme difusi dimulai pada saat terjadi kontak di antarmuka membran-fasa umpan, ion HCrO_4^- dari fasa umpan akan berikatan dengan senyawa pembawa membentuk kompleks. Selanjutnya kompleks senyawa pembawa-logam disolvasi oleh senyawa pembawa netral TBP kemudian dibawa ke antarmuka membran-fasa penerima. Pada fasa ini, senyawa pembawa melepaskan ion logam yang diikatnya dan digantikan dengan ion Cl^- dari NaCl sebagai fasa penerima untuk selanjutnya ligan bebas berdifusi ke fasa umpan untuk memulai difusi kembali. Proses tersebut berlanjut dan berlangsung secara *reversible*, senyawa pembawa bolak-balik ke antarmuka membran-larutan umpan dan antarmuka membran-larutan penerima secara terus menerus (Misra *and* Gill, 1996) seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Mekanisme difusi dalam PIM.

Pengaruh Ketebalan Membran

Pengaruh ketebalan membran dapat diketahui dengan melakukan variasi diameter cawan petri yaitu 9,5 cm, 11,5 cm dan 13,5 cm dan diukur ketebalannya menggunakan alat micrometer (Tabel 1). Hasil yang diperoleh dapat dilihat dalam Tabel 2.

Tabel 1. Ketebalan membran berdasarkan diameter petridish.

Diameter (cm)	Ketebalan (µm)
9,5	25
11,5	20
13,5	10

Tabel 2. Data prosentase difusi ion logam krom(VI) dengan variasi ketebalan membran.

Ketebalan (µm)	Prosentase Difusi	
	dari fasa umpan	ke fasa penerima
25	99,24	56,21
20	98,67	70,05
10	97,72	77,06

Dari Tabel 2 menunjukkan bahwa semakin tipis membran maka semakin banyak ion logam krom(VI) yang berdifusi ke fasa penerima. Sebaliknya, semakin tebal membran maka semakin sedikit ion logam yang berdifusi ke fasa penerima karena laju difusi semakin lambat. Hal ini dapat dijelaskan dengan hukum Fick (Welty *et al.*, 2004):

$$J = -D \frac{dC}{dz} \dots\dots\dots (1)$$

dengan : J = kecepatan transfer massa

D = difusivitas massa

C = konsentrasi

z = tebal lapisan antarfasa

Dari persamaan (1) dapat diketahui bahwa variabel kecepatan transfer massa (laju difusi) berbanding terbalik dengan ketebalan membran, sehingga semakin tebal membran maka akan semakin lambat kecepatan transfer massa atau laju difusinya. Selain itu, semakin tebal membran maka semakin jauh jarak yang harus ditempuh oleh kompleks untuk sampai ke fasa penerima. Hasil terbaik diperoleh pada ketebalan 10 µm dengan kadar ion logam krom(VI) yang berdifusi ke fasa penerima sebesar 77,06 %.

Pengaruh Pengenceran Fasa Umpan

Pengaruh pengenceran fasa umpan dapat diketahui dengan melakukan variasi pengenceran sampel yaitu 100x, 50x dan 10x pengenceran. Hasil yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Data prosentase difusi ion logam krom(VI) dengan variasi pengenceran fasa umpan.

Pengenceran	Prosentase Difusi	
	dari fasa umpan	ke fasa penerima
100x	90,75	70,05
50x	50,57	30,55
10x	51,87	25,89

Dari Tabel 3 terlihat hasil difusi ion logam pada pengenceran 100x lebih besar jika dibandingkan dengan pengenceran 50x dan 10x. Dengan kata lain semakin pekat larutan fasa umpan maka ion logam yang berdifusi dari fasa umpan ke fasa penerima semakin sedikit. Hal ini menunjukkan kemampuan kerja membran yang menurun karena banyaknya matriks dan sampel yang terlalu pekat sehingga mempunyai viskositas yang tinggi. Hal ini dapat dijelaskan dengan hukum Stokes-Einstein (Welty *et al.*, 2004):

$$D = \frac{kT}{6\pi r\mu} \dots\dots\dots (2)$$

dengan : D = difusivitas massa

k = konstanta Boltzman

T = temperatur

r = jari-jari partikel zat terlarut

μ = viskositas larutan

Dari persamaan (2) dapat diketahui bahwa difusivitas massa berbanding terbalik dengan viskositas larutan, sehingga semakin besar viskositas larutan maka akan semakin mengalami kesulitan untuk berdifusi dari fasa air ke fasa organik (Purwani *et al.*, 2008). Hasil terbaik diperoleh pada pengenceran 100x dengan kadar ion logam krom(VI) yang berdifusi ke fasa penerima sebesar 70,05 %.

Pengaruh Banyaknya Pemakaian Membran

Variasi banyaknya pemakaian membran bertujuan untuk mengetahui kemampuan ekstraksi membran dalam mendifusi ion logam. Tabel 4 menunjukkan bahwa setelah pemakaian yang ketiga, prosentase difusi dari fasa umpan semakin menurun begitu juga prosentase difusi ke fasa penerima. Hal ini dikarenakan terjadinya pengendapan matriks limbah pada permukaan membran sehingga menyebabkan *slow difusi* pada proses difusi ion logam. Hal ini terlihat dari permukaan membran yang penuh dengan endapan putih (Gambar 4c). Hasil terbaik diperoleh

pada pemakaian pertama (1 x) dengan kadar ion logam krom(VI) yang berdifusi ke fasa penerima sebesar 85,88 %.

Tabel 4. Data prosentase difusi ion logam krom(VI) dengan variasi banyaknya pemakaian membran.

Banyaknya pemakaian	Prosentase Difusi	
	dari fasa umpan	ke fasa penerima
1 x	99,24	85,88
2 x	94,76	68,63
3 x	72,61	58,68

Uji Blanko sebagai Pembanding

Uji ini bertujuan untuk membuktikan bahwa komponen utama yang bekerja dalam proses difusi ion logam krom(VI) adalah senyawa pembawa, maka dilakukan uji blanko dimana semua komponen pembentuk membran sama, yang membedakan hanya tidak adanya senyawa pembawa dalam komponen PIM. Hasilnya menunjukkan bahwa tanpa adanya senyawa pembawa proses difusi ion logam tidak dapat berlangsung. Hal ini menunjukkan bahwa senyawa pembawa mempunyai peranan penting dalam proses difusi ion logam.

Pengaruh Logam Lain (Cu^{2+} dan Ni^{2+})

Proses difusi ion logam krom(VI) melibatkan beberapa logam yang terdapat dalam limbah elektroplating diantaranya adalah Cu^{2+} dan Ni^{2+} . Analisis logam-logam tersebut bertujuan untuk membuktikan bahwa senyawa pembawa dalam PIM yang dihasilkan mempunyai selektivitas yang tinggi terhadap krom(VI) jika dibandingkan dengan logam lainnya. Data yang dapat memperkuat pernyataan di atas disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Konsentrasi ion logam lain dalam limbah elektroplating.

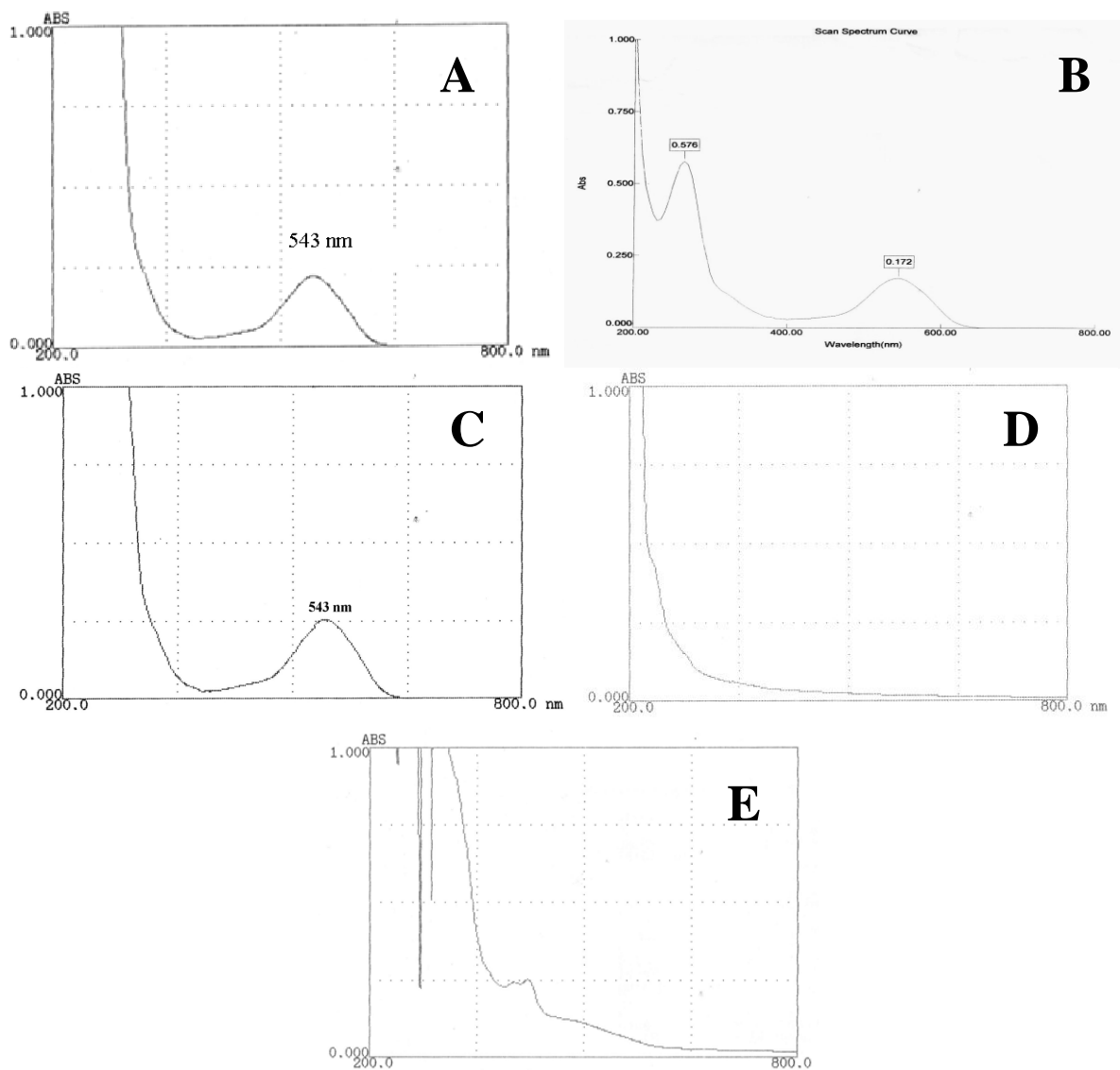
Ion Logam	Konsentrasi (ppm)		Prosentase difusi di fasa penerima
	Mula-mula	Fasa Penerima	
Cr^{6+}	1055	906	85,88
Cu^{2+}	101,9	16	15,70
Ni^{2+}	520	57	10,96

Dari Tabel 5, terlihat bahwa prosentase difusi di fasa penerima ion logam Cu^{2+} dan Ni^{2+} mempunyai persentase yang lebih kecil jika dibandingkan dengan persentase krom(VI). Konsentrasi kedua ion logam tersebut tidak berpengaruh secara signifikan terhadap difusi ion logam krom(VI), konsentrasi ion logam krom(VI) pada fasa penerima lebih besar dibandingkan

dengan ketiga ion logam tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa PIM yang dihasilkan mempunyai selektivitas yang tinggi terhadap krom(VI).

Uji Kestabilan Membran

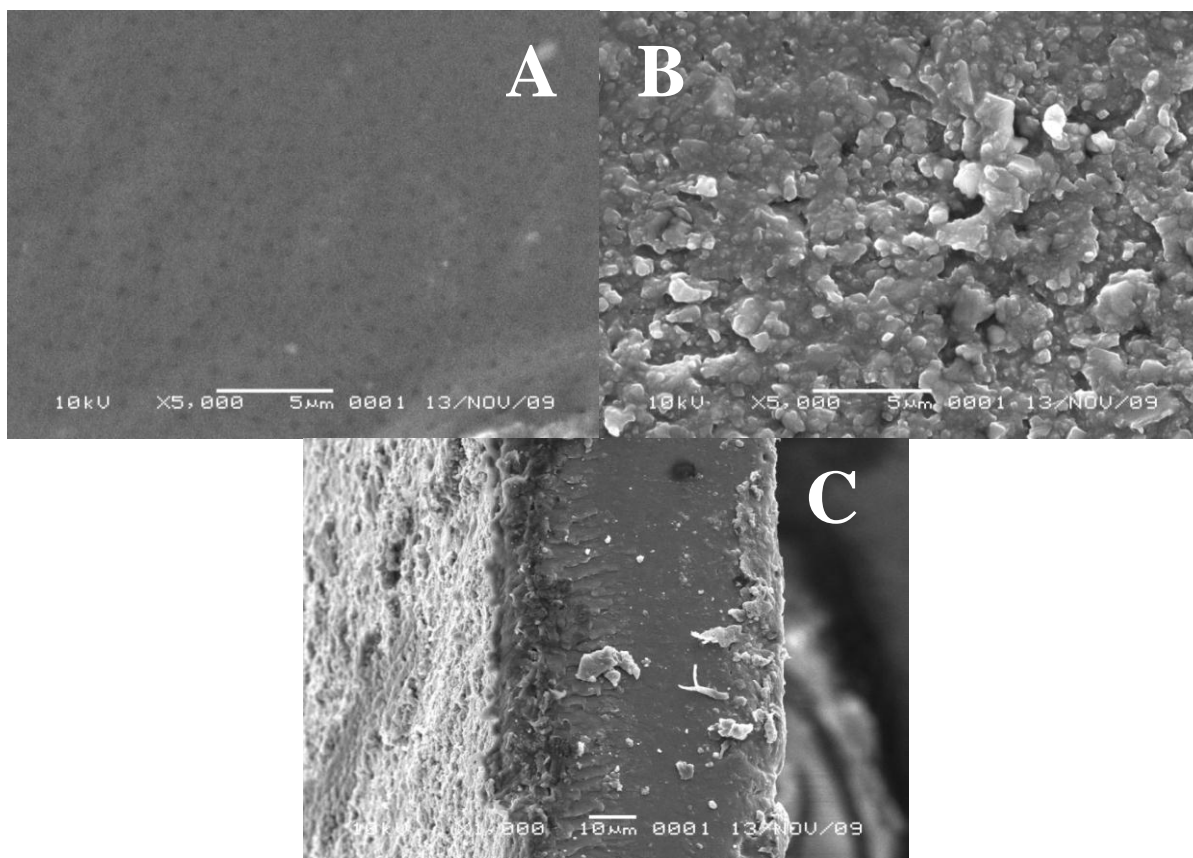
Uji kestabilan membran ditunjukkan dengan tidak adanya senyawa organik penyusun membran yang larut ke dalam fasa umpan dan penerima selama proses difusi ion logam. Uji ini dilakukan menggunakan spektrofotometri UV-Vis. Analisis limbah krom mula-mula dengan spektrofotometri UV-Vis ditampilkan dalam Gambar 3a.



Gambar 3. Spektra UV-Vis (a) limbah krom mula-mula, (b) krom(VI) *artificial*, (c) fasa penerima sesudah proses difusi, (d) fasa umpan sesudah proses difusi, dan (e) senyawa organik penyusun membrane.

Gambar 3a menunjukkan adanya puncak yang merupakan ciri khas dari krom(VI) dengan terdapatnya puncak pada daerah λ_{maks} 543 nm. Puncak hasil analisis sama dengan puncak krom dari limbah *artificial* yang berasal dari larutan $K_2Cr_2O_7$ (Gambar 3b) yaitu dengan terdapatnya puncak pada λ_{maks} 545 nm, sedangkan untuk membuktikan kestabilan membran dilakukan analisis fasa penerima dan fasa umpan sesudah proses pemisahan dengan *range* panjang gelombang yang sama yaitu antara 200 - 800 nm. Hasil analisis tersebut disajikan pada Gambar 3c, 3d dan 3e.

Gambar 3c menunjukkan bahwa puncak tunggal yang terbentuk berada pada daerah λ_{maks} 543 nm yang merupakan ciri khas dari krom(VI) seperti yang ditunjukkan dari hasil analisis UV-Vis pada limbah krom mula-mula. Hal ini menunjukkan bahwa membran stabil, karena tidak terdapat puncak lain selain puncak krom(VI). Hal ini diperkuat dengan hasil analisis pada fasa umpan setelah pengadukan (Gambar 3d) yang menunjukkan tidak terdapatnya puncak krom(VI) pada λ_{maks} 543 nm dan tidak terdapat puncak milik senyawa organik penyusun membran seperti yang diperlihatkan pada Gambar 3e.



Gambar 4. Permukaan PIM (a) sebelum, (b) sesudah digunakan untuk proses difusi dan (c) penampang melintang PIM sesudah digunakan untuk proses difusi dikarakterisasi dengan SEM.

Karakterisasi PIM Menggunakan SEM

Karakterisasi membran menggunakan metode SEM dimaksudkan untuk mengetahui bentuk morfologi permukaan membran. Hasil analisis menunjukkan bahwa membran yang dihasilkan homogen, tidak terdapat pori (Gambar 4a) karena PIM bekerja dengan proses difusi yang diperantarai oleh senyawa pembawa (*carrier mediated transport*) (Chrisstoffels *et al.*, 1996). Titik-titik dalam gambar SEM kemungkinan adalah pelarut yang terjebak di dalam membran. Gambar 4b memperlihatkan permukaan membran yang tertutup oleh matriks limbah yang mengalami pengendapan sesudah pemakaian sebanyak 3 kali. Hal ini menyebabkan membran mengalami penurunan kinerja. Penampang melintang membran (Gambar 4c) sesudah digunakan untuk proses difusi juga menunjukkan tidak adanya pori pada membran. Hal ini memperkuat bahwa PIM tidak mempunyai pori, karena prinsip dari membran cair adalah berdasarkan proses difusi.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa Telah dihasilkan PIM dengan karakteristik tipis, transparan, fleksibel/elastis dan tidak berpori, PIM dapat memisahkan ion logam krom(VI). Difusi ion logam krom(VI) dipengaruhi oleh pengenceran fasa umpan, ketebalan membran, dan pemakaian sebanyak n kali membran. Konsentrasi awal krom(VI) dalam limbah elektroplating adalah 1055 ppm dan difusi terbanyak yaitu 99,24 % dari fasa umpan dan 85,88 % yang berdifusi ke fasa penerima.

DAFTAR PUSTAKA

- Bartsch, R.A., and Way, J.D., 1996. Chemical Separation With Liquid Membrane: An Overview, dalam *Chemical Separation with Liquid Membranes. ACS Symposium Series 642*, 1-10.
- Beck, M.T., 1990. *Chemistry Complex Equilibria*. Ellis Horwood Limited. New York. 174-179.
- Choi, Y.W., and Moon, S.H., 2004. A Study Supported Liquid Membrane for Selective Separation of Cr (VI). *Separation Science and Technology* 39 (7), 1663-1680.
- De Anil, K., 1997. *Solvent Extraction of Metal*. Van Nostrand Reinhold Company London. New York. 81-100.
- Djunaidi, M.C., Khabibi, and Ulumuddin, 2017. Separation of Cu^{2+} , Cd^{2+} and Cr^{3+} in a Mixture Solution using a Novel Carrier Poly(Metyl Thiazolethyl Eugenoxy Acetate) with BLM (Bulk Liquid Membrane). *IOP Conf. Series. Materials and Engineering* 172 (2017).

- Djunaidi, M.C., Hastuti, R. and Febriani, K., 2007. Ekstraksi Logam Cu(II) dan Zn(II) Menggunakan Ekstraktan D2EHPA-TBP. *Proceeding Seminar Nasional Kimia dan Pendidikan Kimia*. ISBN: 978.979.704.572.2
- Khopkar, S.M., 1990. *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Penerbit UI. Jakarta.
- Kusumocahyo, S.P., Kimio, S., Takashi, I., Toshio, S., Toshiyuki, K., Hideto, M., and Masaaki, T., 2006. Quantitative Analysis of Transport Process of Cerium(III) Ion Through Polymer Inclusion Membrane Containing *N,N,N',N'*-tetraoctyl-3-oxapentanediamide (TODGA) as Carrier. *Journal of Membrane Science*, 350, 143-152
- Misra, B.M., and Gill, J.S., 1996. Supported Liquid Membranes In Metal Separation, dalam Chemical Separation with Liquid Membranes. *ACS Symposium Series 642*, 361-375.
- Mulder, M., 1996. *Basic Principles of Membrane Technology*. Kluwer Academic Publisher. London. 10-12.
- Purwani, M.V., Suyanti and Muhadi, M.W., 2008. Ekstraksi Konsentrat Neodium Memakai Asam Di-2-Etil Heksil Fosfat. *Seminar Nasional IV SDM Teknologi Nuklir*. ISSN 1978-0176. 444.
- Rahayu, M.D., 2009. Recovery Logam Krom (VI) Menggunakan Membran Cair Berpendukung (SLM). *Skripsi*. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Rydberg, 1992. *Principle and Practices of Solvent Extraction*. Marcel D., New York. 393-412.
- Sugiura, M., Kikkawa, M., and Urita, S., 1989. Carrier-Mediated Transport of Rare Earth Through Cellulose Triacetate Membranes. *Journal of Membrane Science* 42 (1-2), 47-55.
- Welty, R.J., Wicks, E.C., Wilson, E.R., and Rorrer, G., 2004. volume 3. edisi ke-4. *Dasar-Dasar Fenomena Transport*; a.b Gunawan Prasetyo. Erlangga. Jakarta.