

**Pengaruh pH dan Anion pada Fasa Umpan terhadap
Transpor Cr (VI) Menggunakan *Polymer Inclusion
Membrane* (PIM) PVC-Aliquat 336-Cl**

SKRIPSI

Oleh:

Devi Ariyanti

155090201111026



JURUSAN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS BRAWIAJA

MALANG

2019

**Pengaruh pH dan Anion pada Fasa Umpan terhadap
Transpor Cr (VI) Menggunakan *Polymer Inclusion
Membrane* (PIM) PVC-Aliquat 336-Cl**

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang Kimia

Oleh:

Devi Ariyanti

155090201111026



**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG**

2019

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**“Pengaruh pH dan Anion pada Fasa Umpan terhadap Transpor
Cr (VI) Menggunakan *Polymer Inclusion Membrane* (PIM) PVC-
Aliquat 336-Cl”**

Oleh:

Devi Ariyanti
155090201111026

Setelah diseminarkan di depan Majelis Penguji
pada tanggal..... **28 JUN 2019**
Dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains dalam bidang Kimia

Pembimbing I

Barlah Rumhayati, S.Si, M.Si, Ph.D
NIP. 197404292000032003

Pembimbing II

Dr. Ani Mulyasuryani, MS.
NIP. 196306281991032001



Masruri, S.Si, M.Si, Ph.D
NIP. 197310202002121001

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Devi Ariyanti

NIM : 155090201111026

Jurusa : Kimia

Penulis skripsi berjudul:

“Pengaruh pH dan Anion pada Fasa Umpan terhadap Transpor Cr (VI) Menggunakan *Polymer Inclusion Membrane* (PIM) PVC-Aliquat 336-Cl”

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Isi dari skripsi yang saya buat adalah benar-benar karya sendiri dan tidak menjiplak karya orang lain, selain nama-nama yang termaktub di isi dan tertulis di daftar pustaka dalam skripsi ini.
2. Apabila dikemudian hari ternyata skripsi yang saya tulis terbukti hasil jiplakan, maka saya akan bersedia menanggung segala resiko yang akan saya terima

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang, 28 JUN 2019

Yang menyatakan,



(Devi Ariyanti)

NIM. 155090201111026

Pengaruh pH dan Anion pada Fasa Umpan terhadap Transpor Cr (VI) Menggunakan *Polymer Inclusion Membrane* (PIM) PVC-Aliquat 336-Cl

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mempelajari pengaruh pH dan *counter*-anion pada fasa umpan terhadap transpor Cr (VI) melalui *Polymer Inclusion Membrane* (PIM). Pengaruh pH fasa umpan yang dipelajari yaitu pH 2; 4; 6; dan 8 dan pengaruh *counter*-anion yang dipelajari adalah anion Cl⁻, SO₄²⁻, dan NO₃⁻. PIM terbuat dari 60% (w/w) *polivinyll chloride* (PVC), 20% (w/w) aliat 336-Cl, dan 20% (w/w) *dioctylphthalate* (DOP) dalam *tetrahydrofuran* (THF). Uji transpor Cr (VI) dilakukan dengan menggunakan sel difusi yang terdiri dari dua bagian yaitu fasa umpan dan fasa penerima yang dipisahkan oleh PIM, dengan Fasa umpan larutan K₂CrO₄ 50 mg/L dan fasa penerima adalah NaOH 0,05 M. Kedua fasa diaduk selama 180 menit dengan kecepatan 150 rpm. Setiap 30 menit, diambil 1 mL larutan fasa umpan dan fasa penerima. Konsentrasi Cr (VI) dikedua fasa tersebut ditentukan secara spektrofotometri pada panjang gelombang 541 nm melalui pembentukan senyawa kompleks Cr(III)-*diphenylcarbazone*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa transpor Cr (VI) optimum pada fasa umpan pH 4 dengan efisiensi transpor sebesar 46,60%. Efisiensi transpor terbesar pada fasa umpan yang mengandung Cl⁻ 48,84% dengan permeabilitas $3,05 \times 10^{-4}$ mL/min.cm² dan fluks awal $1,52 \times 10^{-2}$ mL/min.cm².

Kata kunci: Cr (VI), *polymer inclusion membrane* (PIM), pH, anion.

Effect of pH and Anion Source Phase on Cr (VI) Transport Using Polymer Inclusion Membrane (PIM) PVC-Aliquat 336-Cl

ABSTRACT

The purpose of this research was to studied effect of pH and counter-anion in source phase on Cr (VI) transport using polymer inclusion membrane (PIM). The studied pH were pH 2; 4; 6; and 8 and the anions studied were Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- . The composition of PIM was 60% (w/w) *polyvinyl chloride* (PVC), 20% (w/w) *aliquat 336-Cl*, and 20% (w/w) *dioctylphthalate* (DOP) dissolved in *tetrahydrofuran* (THF). Transport of Cr (VI) was conducted by using a diffusion cell comprised of two compartments, source phase and stripping phase, which was separated by PIM sheet, the source phase was K_2CrO_4 solution 50 mg/L and stripping phase was NaOH 0.05 M. Both chambers were stirred for 180 minutes at 150 rpm. Every 30 minutes, about 1 mL of solution was pipetted from source and stripping phase. Cr (VI) concentration then was analyzed using spectrophotometric method at 541 nm based on the formation of *Cr(VI)-diphenylcarbazide* complex compound. The results showed the transport Cr (VI) optimally at source phase pH 4 with transport efficiency of 46.60%. The transport efficiency optimum was source phase present Cl^- 48.84%, the membrane permeability was 3.05×10^{-4} mL/min.cm², and the initial flux was 1.52×10^{-2} mg/min.cm².

Keyword: Cr (VI), polymer inclusion membrane (PIM), pH, anion.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah Swt atas segala rahmat dan nikmat-Nya sehingga penulis dapat menyusun skripsi yang berjudul *Pengaruh pH dan Anion pada Fasa Umpan terhadap Transpor Cr (VI) Menggunakan Polymer Inclusion Membrane (PIM) PVC-Aliquat 336-Cl* dengan baik. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana sains dalam bidang kimia di Universitas Brawijaya Malang.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan, dukungan, serta bimbingan dari berbagai pihak, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Ibu Barlah Rumhayati, S.Si., M.Si., Ph.D, selaku dosen pembimbing I dan Ibu Dr. Ani Mulyasuryani, MS., selaku dosen pembimbing II atas segala bimbingan, pengarahan dan dukungan dalam penyusunan skripsi.
2. Ibu Dr. Hermin Sulistiyarti, M.Si., selaku Kalab. Analitik atas fasilitas yang diberikan kepada penulis selama melakukan penelitian.
3. Bapak Masrusi, S.Si., M.Si., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Kimia yang telah memberikan fasilitas untuk melakukan penelitian di seluruh laboratorium kimia.
4. Kedua orang tua penulis, atas segala do'a, dukungan, dan kasih sayang yang tiada henti untuk penulis.

Penulis menyadari bahwa Laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna, untuk itu saran dan kritik yang bersifat membangun dari pembaca sangat diharapkan demi kesempurnaan penulisan pada masa yang akan datang.

Akhir kata, semoga Laporan Tugas Akhir ini berguna bagi semua pihak yang memanfaatkan.

Malang, Juni 2019

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
DAFTAR ISTILAH DAN LAMBANG	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Batasan Masalah	4
1.4. Tujuan Penelitian	4
1.5. Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Kromium	5
2.2. <i>Polymer Inclusion Membrane</i> (PIM)	8
2.3. Transpor Cr (VI)	10
BAB III METODE PENELITIAN	15

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian	15
3.2. Alat dan Bahan Penelitian	15
3.3. Tahapan Penelitian	15
3.4. Prosedur Penelitian	16
3.4.1. Pembuatan membran PIM	16
3.4.2. Transpor Cr (VI) melalui PIM	16
3.4.3. Penentuan konsentrasi Cr (VI) secara spektrofotometri sinar tampak	18
3.4.4. Analisa data	19
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	21
4.1. Pengaruh pH pada Fasa Umpan terhadap Transpor Cr (VI)	21
4.2. Pengaruh Anion pada Fasa Umpan terhadap Transpor Cr (VI)	25
BAB V PENUTUP	31
5.1. Kesimpulan	31
5.2. Saran	31
DAFTAR PUSTAKA	33
LAMPIRAN	36

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Distribusi spesies Cr (VI) terhadap pH	6
Gambar 2.2	Struktur kimia aliquat 336	9
Gambar 2.3	Struktur molekul Dioctylphthalate	10
Gambar 2.4	Mekanisme difusi dalam PIM	11
Gambar 3.1	Skema proses transpor Cr (VI) melalui PIM	16
Gambar 4.1	Grafik hubungan perubahan konsentrasi Cr (VI) terhadap waktu pada pH (a) 2, (b) 4, (c) 6, dan (d) 8	22
Gambar 4.2	Grafik hubungan $\ln C_t/C_i$ terhadap waktu pada berbagai pH larutan K_2CrO_4	23
Gambar 4.3	Grafik hubungan perubahan konsentrasi Cr (VI) terhadap waktu pada pH 4 dengan anion (a) SO_4^{2-} , (b) Cl^- , dan (c) NO_3^- pada fasa umpan	26
Gambar 4.4	Grafik hubungan $\ln C_t/C_i$ terhadap waktu pada berbagai anion pada fasa umpan: $\bullet SO_4^{2-}$ $\bullet Cl^-$ $\bullet NO_3^-$	27
Gambar C.1	Grafik kurva baku pH 2	39
Gambar C.2	Grafik kurva baku pH 4	40
Gambar C.3	Grafik kurva baku pH 6	41
Gambar C.4	Grafik kurva baku pH 8	41
Gambar C.5	Grafik kurva baku	43

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Komposisi dan kondisi transpor Cr (VI)	17
Tabel 4.1	Nilai permeabilitas, fluks awal, dan efisiensi transpor pada pH 2; 4; 6; dan 8	23
Tabel 4.2	Nilai permeabilitas, fluks awal, dan efisiensi transpor pada anion SO_4^{2-} , Cl^- , dan NO_3^- pada fasa umpan	27
Tabel C.1	Konsentrasi dan absorbansi Cr (VI) <i>diphenylcarbazine</i> pH 2	39
Tabel C.2	Konsentrasi dan absorbansi Cr (VI) <i>diphenylcarbazine</i> pH 4	40
Tabel C.3	Konsentrasi dan absorbansi Cr (VI) <i>diphenylcarbazine</i> pH 6	40
Tabel C.4	Konsentrasi dan absorbansi Cr (VI) <i>diphenylcarbazine</i> pH 8	41
Tabel C.5	Konsentrasi hasil transpor Cr (VI) pada variasi pH fasa umpan	42
Tabel C.6	Konsentrasi dan absorbansi Cr (VI) <i>diphenylcarbazine</i>	43
Tabel C.7	Konsentrasi hasil transpor Cr (VI) pada variasi anion fasa umpan	44

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A. Diagram Alir Penelitian	36
Lampiran B. Perhitungan dan Pembuatan Larutan	37
B.1. Pembuatan Larutan Induk Cr (VI) 50 mg/L	37
B.2. Larutan NaOH 0,05 M	37
B.3. Pembuatan Larutan <i>Diphenylcarbazide</i>	37
B.4. Pembuatan PIM	38
Lampiran C. Data Hasil Penelitian	39
C.1. Variasi pH Fasa Umpan	39
C.1.1. Kurva baku Cr (VI) <i>diphenylcarbazide</i>	39
C.1.2. Data hasil transpor Cr (VI)	42
C.2. Variasi Anion pada Fasa Umpan	43
C.2.1. Kurva baku Cr (VI) <i>diphenylcarbazide</i>	43
C.2.2. data hasil transpor Cr (VI)	44
Lampiran D. Perhitungan Data	45
D.1. Permeabilitas Membran PIM dengan Variasi pH pada Fasa Umpan	45
D.2. Fluks Awal PIM dengan Variasi pH pada Fasa Umpan	45
D.3. Efisiensi Transpor PIM dengan Variasi pH pada Fasa Umpan	45
D.4. Permeabilitas Membran PIM dengan Variasi Anion pada Fasa Umpan	46
D.5. Fluks Awal PIM dengan Variasi Anion pada Fasa Umpan	46
D.6. Efisiensi Transpor PIM dengan Variasi Anion pada Fasa Umpan	46

DAFTAR ISTILAH DAN LAMBANG

Simbol/singkatan	Keterangan
Cr (VI)	Kromium (VI)
pH	<i>Potential of Hydrogen</i>
DPC	<i>Diphenylcarbazide</i>
DPCO	<i>Diphenylcarbazone</i>
PVC	Polivinilklorida
CTA	Selulosa Triasetat
DOP	<i>Diocetylphthalate</i>
SLMs	<i>Supported Liquid Membranes</i>
THF	<i>Tetrahydrofuran</i>
A	Slope kurva

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Cr (VI) merupakan salah satu jenis ion logam kromium yang bersifat stabil, sehingga keberadaan Cr (VI) relatif lebih banyak daripada jenis ion logam kromium yang lain [1]. Cr (VI) banyak dimanfaatkan sebagai bahan penyamakan kulit pada binatang, pewarna, penghambat korosi, dan katalis. Penggunaan Cr (VI) sebagai bahan penyamakan dan pewarna pada industri elektroplating menyebabkan perairan disekitar industri tersebut banyak mengandung limbah logam Cr (VI) dengan konsentrasi yang tinggi. Pemanfaat Cr (VI) dalam berbagai bidang juga diimbangi dengan dampak Cr (VI) bagi makhluk hidup. Keberadaan Cr (VI) didalam tubuh sangat berbahaya karena logam ini sangat toksik [2]. Selain itu, Cr (VI) bersifat karsinogenik, serta dapat mengakibatkan iritasi pada kulit, gangguan pada membran mukosa, ginjal, dan saluran pencernaan [3]. Oleh karena berbahaya dan beracunnya logam ini maka penting dilakukan pemisahan dari limbah yang mengandung Cr (VI).

Pemisahan Cr (VI) pada limbah elektroplating banyak dilakukan dengan menggunakan metode *Supported Liquid Membranes* (SLMs) menggunakan amina tersier dan ammonium kuarterner sebagai senyawa pembawa [4]. Berdasarkan penelitian Maya (2009) tentang *Recovery Logam Krom (VI) Menggunakan Membran Cair Berpendukung (SLM) dengan membran yang digunakan adalah politetrafluoroetilen (PTFE), dengan senyawa pembawa aliquat 336 dan karosen sebagai pelarut organik didapatkan besarnya Cr (VI) yang tertransport dari fasa umpan sebesar 97,78% sedangkan yang tertransport ke fasa penerima sebesar 58,09%. Hasil tersebut didapatkan pada kondisi fasa umpan limbah elektroplating pH 6 dan fasa penerima pH 7 yang merupakan campuran NaOH dan NaCl* [5]. Pada pemisahan dengan metode SLMs adanya pelarut membran dan senyawa pembawa yang hilang saat terjadi transpor menjadi salah satu kelemahan dari metode ini, sehingga metode ini belum bisa dikembangkan secara industrial [4]. Adanya kelemahan pada metode SLMs dalam melakukan pemisahan suatu logam, menyebabkan

berkembangnya metode pemisahan membran cair yaitu *Polymer Inclusion Membrane* (PIM).

Polymer Inclusion Membrane (PIM) merupakan jenis membran cair yang terdiri dari fasa cair dan polimer dasar. Pada awalnya PIM digunakan sebagai komponen sensor dalam *Ion-Selective Electrodes* (ISE) dan *optodes*, akan tetapi seiring berjalannya waktu PIM tumbuh secara eksponensial sebagai alternatif pemisahan yang lebih ramah lingkungan daripada ekstraksi pelarut [6]. Pada dasarnya PIM memiliki prinsip yang hampir sama dengan SLM, dimana proses ekstraksi dan ekstraksi balik dapat dilakukan secara bersamaan. PIM memiliki keunggulan dibandingkan dengan SLM yaitu kestabilan yang sangat tinggi, senyawa pembawa yang hilang selama transpor dapat diabaikan, senyawa pembawa yang digunakan lebih hemat dengan selektivitas tinggi, dan fluks yang dihasilkan lebih tinggi [3].

Pada metode transpor Cr (VI) dalam PIM dengan polimer dasar PVC, senyawa pembawa alikuat-336, fasa umpan berisi limbah elektroplating pada pH 4,4, dan fasa penerima NaCl 2 N pada pH 6,3 didapat besarnya persen transpor pada fasa umpan 97,5 %, pada fasa penerima 73,8 %, dan Cr(VI) yang terdapat pada fasa membran sebesar 23,7 % [7]. Selain itu, pemisahan Cr (VI) melalui PIM dengan kandungan 41% (w/w) selulosa triasetat sebagai polimer dasar, 23% (w/w) tri-n-oktilamin (TOA) sebagai senyawa pembawa, dan 36% (w/w) pemlastis o-nitrophenyl pentyl ether (NPOE) didapatkan besarnya efisiensi pemisahan sebesar 99% dengan penurunan konsentrasi Cr (VI) pada fasa umpan dari 1,0 hingga 0,0028 ppm. Pada penelitian tersebut juga menunjukkan adanya penurunan linier dari koefisien permeabilitas dan nilai fluks awal dengan adanya peningkatan pH pada fasa umpan [4]. Secara umum, efisiensi transpor pada membran dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya pH fasa umpan, jenis senyawa fasa penerima, mobilitas dari ion transpor, konsentrasi fasa penerima, waktu transpor, dan konsentrasi membran [8].

Didalam perairan Cr (VI) terdapat dalam beberapa spesi diantaranya H_2CrO_4 , HCrO_4^- , CrO_4^{2-} , dan $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$. Keberadaan spesi-spesi dari Cr (VI) tersebut dipengaruhi oleh besarnya pH dari perairan

[9]. Berdasarkan keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 115 tahun 2003 besarnya pH baku mutu sungai yaitu 6 sampai 8,5 [10]. Pada pH asam 2; 3; 4 spesi Cr (VI) terdapat dalam bentuk $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ dan HCrO_4^- sebesar 10% dan 90%. Spesi Cr (VI) pada pH 6 terdapat dalam bentuk $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ 5%, CrO_4^{2-} 45%, dan HCrO_4^- 50%. Sedangkan, pada pH basa 8 Cr (VI) terdapat dalam bentuk CrO_4^{2-} 100% [9]. Selain berpengaruh pada spesi dari Cr (VI) pH juga berpengaruh pada gaya dorong dalam sistem PIM. Perbedaan besarnya pH antara fasa umpan dan fasa penerima menghasilkan gradien konsentrasi ion proton antara fasa umpan dan fasa penerima [11]. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dipelajari pengaruh pH pada fasa umpan dengan variasi pH 2; 4; 6; dan 8.

Efisiensi transpor dari suatu membran dipengaruhi oleh besarnya energi terhidrasi suatu ion. Selain itu, transpor suatu ion logam pada membran dipengaruhi oleh adanya persaingan dengan ion lain yang terdapat pada fasa umpan. Pada penelitian yang dilakukan Wionczyk et al. [12] menemukan adanya pengaruh besarnya konsentrasi H_2SO_4 pada fasa umpan pada transpor Cr (VI) melalui membran yang terdiri dari CTA sebagai polimer dasar dan 2-NPOE sebagai pemlastis yaitu adanya persaingan antara ion sulfat dengan ion kromat pada saat transport, sehingga mengakibatkan pemisahan Cr (VI) berkurang pada konsentrasi ion sulfat yang cukup tinggi [12]. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dipelajari pengaruh jenis anion yang berasal dari H_2SO_4 , HNO_3 , dan HCl pada fasa umpan terhadap transpor Cr (VI) pada membran.

Berdasarkan uraian diatas, penelitian ini akan mempelajari pengaruh pH dan anion pada fasa umpan terhadap transpor Cr (VI) menggunakan PIM PVC-Aliquat 336-Cl. Dengan menentukan besarnya nilai permeabilitas, fluks awal, dan efisiensi transpor melalui PIM PVC-Aliquat 336-Cl.

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh pH pada fasa umpan terhadap transpor Cr (VI) melalui PIM PVC-Aliquat 336-Cl?
2. Bagaimana pengaruh anion pada fasa umpan terhadap transpor Cr (VI) melalui PIM PVC-Aliquat 336-Cl?

1.3. Batasan Masalah

1. Fasa umpan yang digunakan adalah larutan K_2CrO_4 yang mengandung Cr (VI) 50 mg/L
2. Komposisi PIM pada fasa membran terdiri dari PVC 60% (w/w), aliat 336-Cl 20% (w/w), dan DOP 20% (w/w)
3. Fasa penerima yang digunakan adalah larutan NaOH 0,05 M
4. Efektifitas membran berdasarkan parameter permeabilitas, fluks awal, dan efisiensi transpor.

1.4. Tujuan Penelitian

1. Mempelajari pengaruh pH pada fasa umpan terhadap transpor Cr (VI) melalui PIM PVC-Aliat 336-Cl
2. Mempelajari pengaruh anion pada fasa umpan terhadap transpor Cr (VI) melalui PIM PVC-Aliat 336-Cl.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah dapat mengetahui kinerja PIM sebagai salah satu sistem pemisahan Cr (VI) yang terdapat pada air limbah industri elektroplating.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kromium

Kromium (Cr) adalah logam kristalin putih, tidak begitu liat dan tidak dapat ditempa yang dapat melebur pada suhu 1765 °C. Dalam larutan berair, Cr membentuk tiga jenis ion yaitu kation Cr (II), kation Cr (III), dan Cr(VI). Ion Cr (II) bersifat tidak stabil, karena merupakan zat pereduksi kuat yang dapat menguraikan air perlahan-lahan dengan membentuk hidrogen. Ion Cr (III) bersifat lebih stabil, dan diturunkan dari dikromium trioksida (Cr_2O_3) atau kromium trioksida. Dalam larutan, ion-ion ini berwarna hijau atau lembayung. Ion Cr(VI) terdapat dalam bentuk anion kromat (CrO_4^{2-}), atau dikromat ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$). Ion-ion ini diturunkan dari kromium trioksida (CrO_3) [1].

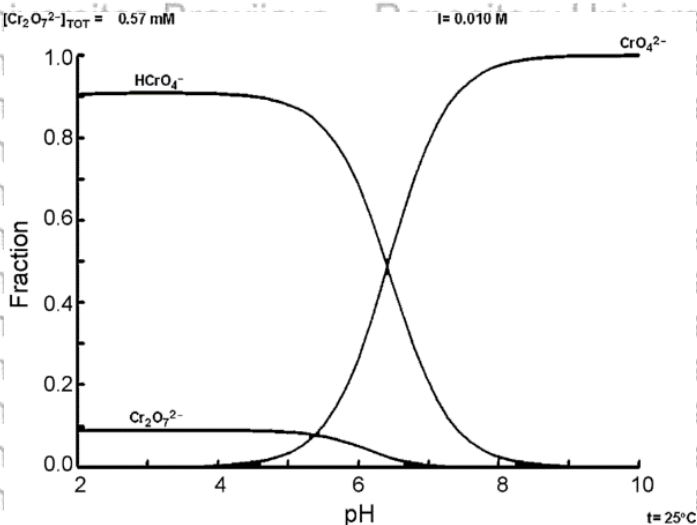
Cr dan senyawanya banyak digunakan dalam kehidupan, diantaranya sebagai penghambat korosi logam, pewarna, bahan untuk penyamakan kulit, katalis, paduan dalam pembuatan besi, bahan untuk perawatan kayu, dan sebagai bahan obat. Kromium dapat dimanfaatkan sebagai penghambat korosi logam (pelapisan logam) karena pada suhu kamar Cr tahan terhadap agen korosif. Selain itu, Cr dapat digunakan dalam paduan besi dan non-besi, dalam industri refraktori, dan dalam bahan kimia. Dalam industri refraktori digunakan dalam pembuatan batu bata, mortar, dan campuran *remming and gunning* [13].

Logam Cr dalam perairan dapat berasal dari alam seperti pelapukan batuan dan *run-off* dari daratan. Selain itu, Cr dapat berasal kegiatan manusia seperti kegiatan industri. Limbah rumah tangga, dan kegiatan lainnya [14]. Kegiatan industri merupakan salah satu penyebab meningkatnya konsentrasi Cr dalam perairan. Industri yang memberikan kontribusi limbah kromium pada perairan diantaranya industri metalurgi, elektroplating, industri penyamakan, dan industri kimia dengan bentuk Cr yang tergantung pada proses penggunaan logam tersebut. Mekanisme transpor logam Cr dalam sungai terkait dengan partikel-partikel terserap yang tersuspensi [13].

Dalam sungai Cr (VI) terdapat dalam bentuk (spesies) yang berbeda. Spesies yang berbeda dari Cr (VI) dalam sistem perairan dipengaruhi oleh besarnya pH dalam sistem perairan dan konsentrasi total dari logam Cr. Spesi Cr (VI) dalam sistem perairan diantaranya asam kromat (H_2CrO_4) dan spesies anionik yaitu hidrogen kromat (HCrO_4^-), kromat (CrO_4^{2-}), dan dikromat ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$). Nilai konstanta kesetimbangan untuk anion Cr adalah [9]:



Adapun grafik distribusi spesies Cr (VI) terhadap pH terdapat pada gambar 2.1:



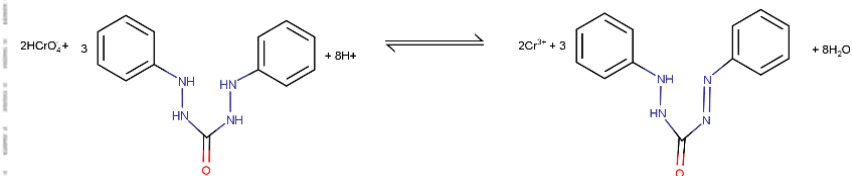
Gambar 2.1: Distribusi spesies Cr (VI) terhadap pH [9]

Berdasarkan grafik distribusi spesies Cr (VI) terhadap pH dapat dilihat pada pH 4 dan 5 Cr (VI) terdapat dalam spesies HCrO_4^- dan $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ dengan presentase masing-masing 90% dan 10%. Pada pH 6 Cr (VI) dalam sungai terdapat dalam spesies $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ sebesar 5%, HCrO_4^- sebesar 55%, dan CrO_4^{2-} sebesar 40% didalam sungai. Sedangkan pada pH 8 Cr (VI) didalam sungai hanya terdapat dalam spesies CrO_4^{2-} , dan

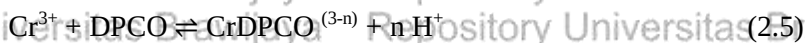
pada pH 7 keberadaan spesies HCrO_4^- dan CrO_4^{2-} terdapat dalam jumlah yang sama [9].

Pada pemisahan Cr (VI) yang telah dilakukan dengan PIM pada limbah elektroplating digunakan membran dengan komposisi polimer dasar 0,3125 g PVC, dan senyawa pembawa adalah campuran aliquat 336 0,183 mL dengan TBP 0,277 mL, serta digunakan 1,5 mL DPE sebagai pemlastis. Transpor dilakukan dengan fasa umpan limbah elektroplating yang mengandung Cr (VI) pada pH 4 dan fasa penerima NaCl 2 N pH 6,7 selama 24 jam dengan kecepatan konstan. Didapatkan besarnya prensen transpor yang terjadi pada fasa umpan 99,24% dan fasa penerima 85,88%. Selain itu, pada penelitian tersebut menunjukkan tidak adanya pengaruh logam lain seperti Cu^{2+} dan Ni^{2+} pada proses difusi Cr (VI) [3].

Cr (VI) dianalisis menggunakan metode spektrofotometri, yang melibatkan reaksi antara Cr (VI) dengan 1,5-*diphenylcarbazide* (DPC) yang terjadi dalam larutan asam kuat, yang menghasilkan senyawa kompleks berwarna dengan daya serap maksimum pada panjang gelombang 540 nm [15]. Reaksi yang terjadi antara Cr (VI) dengan DPC pada analisis kadar Cr (VI) adalah sebagai berikut:



(2.4)



Pada dasarnya pembentukan kompleks Cr (VI) dengan DPC terjadi melalui dua tahapan yaitu proses reduksi Cr (VI) menjadi Cr (III) yang diikuti dengan adanya proses oksidasi pada DPC menjadi *diphenylcarbazone* (DPCO). Tahapan berikutnya merupakan proses pembentukan kompleks berwarna violet antara Cr (III) dengan DPCO [16].

Pada pengukuran kadar suatu senyawa dengan metode spektrofotometri didasarkan pada persamaan hukum Lambert-Beer yaitu sebagai berikut [17]:

$$A = \varepsilon C l \quad (2.5)$$

Dengan A adalah besarnya absorbansi sampel, ε adalah absorptivitas molar (mol/L.cm), C merupakan besarnya konsentrasi sample (mol/L), dan l merupakan lebar sel yang dilalui sinar (cm).

2.2. Polymer Inclusion Membrane (PIM)

Polymer Inclusion Membrane (PIM) merupakan suatu membran yang dibuat dari larutan yang mengandung suatu senyawa pembawa/carrier/ekstraktan, pemlastis dan polimer dasar yang membentuk film tipis, stabil dan fleksibel [7]. PIM disebut juga dengan membran *polymer liquid*, *gelled liquid*, *polymeric plasticized*, *fixed site carrier*, dan *solvent polymeric* [12]. PIM merupakan suatu ekstraksi membran cair yang terdiri dari polimer dasar yang berfungsi memberikan kekuatan mekanik, ekstraktan (*carrier*) yang diimobilisasi dalam rantai polimer dasar dan bertanggung jawab pada ekstraksi dan transpor analit melewati membran, serta terdapat pemlastis yang bertanggung jawab pada elastisitas dari membran [18].

Pada penelitian Cho et al. dilaporkan bahwa PIM dapat memisahkan beberapa ion logam diantaranya Co(II), Cd(II), Hg(II), Cu(II), Zn(II), Pb(II), Cs(II), Sr(II), Au(III), dan Pt(IV) pada limbah nuklir radioaktif [19]. PIM dengan polimer dasar CTA dapat digunakan dalam pemisahan beberapa logam diantaranya Zn(II) dan kation *rare-earth*. Selain itu, PIM berbasis CTA juga dapat digunakan dalam pemisahan Sr(II), Sn(II), Cu(II), Cd(II), Cr(III), dan Cr(VI) dengan menggunakan amina tersier sebagai senyawa pembawa [4].

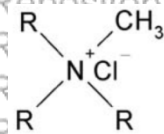
Polimer dasar merupakan pendukung kekuatan mekanik pada PIM. Polimer dasar yang sering digunakan pada pembuatan PIM adalah polivinilklorida (PVC) atau selulosa triasetat (CTA) [6]. Terdapat beberapa turunan selulosa yang dapat digunakan sebagai polimer dasar PIM seperti: CAP (*Cellulose Acetate Propionate*) dan CTB (*Cellulose Tributyrat*). Penggunaan PVC dan CTA masih

banyak digunakan, karena menghasilkan membran yang tipis dengan prosedur yang relatif sederhana. Sifat tampak suatu membran menjadi faktor penting dalam transpor suatu ion logam pada membran. Terdapat beberapa parameter fisik dari polimer dasar yang mempengaruhi sifat membran diantaranya suhu transisi gelas (T_g) untuk polimer amorf dan titik leleh (T_m) untuk polimer kristalin. Apabila suhu dari suatu polimer lebih kecil daripada T_g , maka polimer tersebut akan kaku dan untai polimer tersebut tidak dapat mengubah konformasinya. Membran dengan polimer kaku ditambahkan pemlastis kedalam membran untuk menurunkan nilai T_g dan membuat membran lebih fleksibel dan tidak rapuh [12].

Senyawa pembawa (*carrier*) dalam membran yang bertanggung jawab pada transpor suatu analit melewati membran. Dasar senyawa pembawa dalam PIM terdiri dari senyawa berbasis amina seperti, garam ammonium kuarterner dan amina tersier [20]. Senyawa pembawa pada membran juga berfungsi untuk memfasilitasi transpor ion logam melalui membran [18]. Senyawa pembawa juga memberikan pengaruh pada kekuatan difusi dari membran. Hal ini, dipengaruhi oleh mobilitas dari ion transpor yang terdapat pada senyawa pembawa. Efisiensi transpor pasangan ion meningkat dengan menurunnya jari-jari terhidrasinya dengan urutan sebagai berikut [12]:



Salah satu, senyawa pembawa yang umum digunakan dalam pembuatan PIM adalah alikuat 336 $[R_3(CH_3)N^+Cl^-]$ (*Triocetylmethylammonium Chloride*) dengan struktur kimia yang ditunjukkan pada gambar 2.2 sebagai berikut [20]:

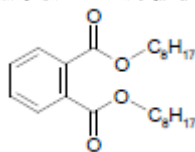


Gambar 2.2: Struktur kimia alikuat 336[20]

Aliquat 336 merupakan suatu reagen ekstraksi pelarut komersial yang terdiri dari campuran amonium klorida kuarterner. Aliquat 336 memiliki sifat plastilisasi, sehingga sering digunakan dalam

kombinasi dengan polimer dasar tanpa tambahan pemlastis [20]. Senyawa ini merupakan basa organik rantai panjang dengan berat molekul yang besar yang tidak larut dalam air. Aliquat 336 merupakan senyawa penukar anion yang mampu berikatan secara selektif dengan ion nitrat ataupun ion yang bermuatan negatif lainnya [3].

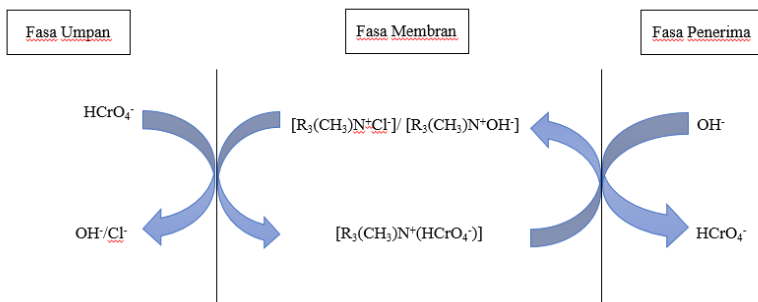
Pemlastis merupakan senyawa organik yang menggabungkan alkil hidrofobik dengan beberapa spesi yang bersifat polar. Pemlastis ditambahkan kedalam membran agar membentuk struktur membran yang kuat dan fleksibel. Plastilisasi pada membran digunakan untuk mengurangi gaya tarik antar molekul antara rantai polimer. Konsentrasi pemlastis yang rendah menyebabkan membran kaku dan rapuh [21]. Konsentrasi pemlastis minimum yang digunakan pada membran bervariasi, tergantung pada jenis pemlastis dan polimer dasar yang digunakan. Untuk PVC, konsentrasi pemlastis berkisar hingga 20% (w/w). Selain itu, besarnya viskositas dari pemlastis merupakan parameter penting yang mengatur laju transportasi dalam PIM. Beberapa pemlastis yang umum digunakan pada PIM diantaranya 2-Nitrofenil oktil eter (2-NPOE), Dioctylphthalate (DOP), polioksietilen n-alkil eter (POEs), Tris(2-ethylheksil) fosfat (T2EHP) [12]. DOP merupakan salah satu pemlastis yang sering digunakan pada pembuatan PIM. DOP memiliki aplikasi umum sebagai pemlastis, pemlastis pada polimer PVA untuk manufaktur karet, pelapis kayu, dan sebagai agen waxing. Struktur DOP ditunjukkan pada gambar 2.3 berikut [22]:



Gambar 2.3: Struktur molekul Dioctylphthalate (DOP)[22]

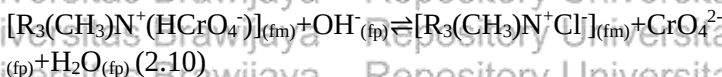
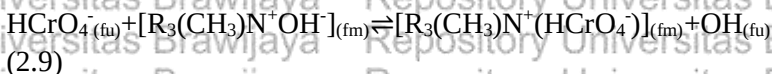
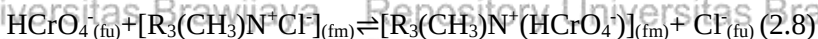
2.3. Transpor Cr (VI)

Mekanisme pemisahan logam Cr (VI) melalui PIM diilustrasikan pada gambar 2.4 berikut:



Gambar 2.4: Mekanisme difusi dalam PIM

Reaksi antarmuka yang terjadi pada pemisahan Cr (VI) dengan Aliquat 336-Cl adalah sebagai berikut [23]:



fu merupakan fasa umpan, fm adalah fasa membran, dan fp merupakan fasa penerima.

Pemisahan Cr (VI) terjadi ketika adanya kontak antarmuka antara fasa umpan dengan fasa membran dan juga kontak antara fasa membran dengan fasa penerima [3]. Transpor terjadi karena adanya pertukaran ion yang disebabkan oleh perbedaan ukuran ion pada fasa umpan dan fasa membran. Ion HCrO_4^- yang terdapat pada fasa umpan berukuran lebih besar daripada ion Cl^- yang terdapat pada fasa membran, akibatnya ion Cl^- akan mudah dipertukarkan dengan ion HCrO_4^- yang akan membentuk kompleks antara senyawa pembawa dan HCrO_4^- (pada persamaan reaksi 2.8). Selain itu, pada antarmuka antara fasa umpan dan membran juga memungkinkan terjadinya pertukaran ion OH^- yang terdapat pada membran dengan ion HCrO_4^- pada fasa umpan karena ion HCrO_4^- lebih besar daripada ion OH^- (pada persamaan 2.9). Kompleks tersebut akan melepaskan HCrO_4^- pada antarmuka fasa membran dengan fasa penerima. Lepasnya HCrO_4^-

dari fasa membran ke fasa penerima disebabkan karena konsentrasi OH^- di fasa penerima lebih besar daripada konsentrasi HCrO_4^- di fasa membran. Sehingga, ion OH^- dari fasa penerima akan membentuk kompleks dengan senyawa pembawa dan akan terdifusi kembali menuju fasa umpan (pada persamaan reaksi 2.10). Proses transport ini terjadi secara terus menerus.

Besarnya pH selain mempengaruhi jenis spesi Cr^{VI} yang terdapat dalam fasa umpan juga memberikan pengaruh pada proses transpor pada membran. Besarnya pH mempengaruhi kekuatan pendorong pada membran. Semakin kecil pH maka jumlah ion H^+ semakin banyak sehingga diharapkan terjadi peningkatan gaya dorong pada fasa umpan menuju fasa penerima. Hal ini, dikarenakan besarnya gaya dorong dalam sistem PIM dipengaruhi oleh gradien konsentrasi yang melintasi membran dari ion target [12].

Kinetika transpor melalui PIM sama dengan kinetika transpor pada SLMs. Hal ini, karena kinetika transpor pada PIM maupun SLMs dapat dijelaskan dengan reaksi orde pertama yang dirumuskan sebagai berikut [16]:

$$\ln \frac{C_t}{C_i} = -k \cdot t \quad (2.11)$$

C_t (mg/L) adalah konsentrasi ion target dalam larutan fasa umpan pada waktu t , C_i (mg/L) adalah konsentrasi ion target awal dalam larutan fasa umpan, k adalah konstanta laju transpor (s^{-1}), dan t adalah waktu transpor (s).

Besarnya nilai konstanta k diperoleh dari hubungan linier antara $\ln(C_t/C_i)$ terhadap waktu [16]. Selain itu, nilai konstanta k dapat diperoleh dari $\ln(C_t/C_i) = -f(t)$ dan konfirmasi oleh koefisien korelasi r^2 . Koefisien permeabilitas (P) merupakan kemampuan dari membran untuk mentranspor suatu ion target dari fasa umpan menuju fasa penerima. Koefisien permeabilitas dihitung dengan persamaan sebagai berikut [16]:

$$P = \frac{V}{A} k \quad (2.12)$$

V (m^3) adalah volume larutan fasa umpan, dan A (m^2) adalah luas permukaan dari membran.

Fluks awal adalah kecepatan membran dalam mentranspor ion target dari fasa umpan menuju fasa penerima. Besarnya nilai fluks awal dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut [12]:

$$A \cdot J = -V_{fu} \frac{d[C]_{fu}}{dt} \quad (2.13)$$

Pada $t = 0$

$$[C]_{fu}^t = [C]_{fu}^i \quad (2.14)$$

$$J = P[C]_{fu}^i \quad (2.15)$$

Dimana J adalah fluks, V (mL) adalah besarnya volume fasa umpan yang diambil setiap waktu t , $[C]_{fu}^t$ dan $[C]_{fu}^i$ adalah konsentrasi ion target pada fasa umpan pada saat t dan saat $t = 0$, dan fu merupakan fasa umpan.

Persamaan (2.14) dan (2.15) Diintegrasikan dan diperoleh persamaan sebagai berikut [12]:

$$\frac{d[C]_{fu}}{[C]_{fu}} = -\frac{A}{V_{fu}} P dt \quad (2.16)$$

$$\ln \left(\frac{[C]_{fu}^t}{[C]_{fu}^i} \right) = - \left(\frac{A}{V_{fu}} \right) P \cdot t \quad (2.17)$$

Maka dapat diperoleh besarnya konstanta permeabilitas membran dari besarnya gradient grafik hubungan antara $\ln [C]_{fu}^t / [C]_{fu}^i$. Efisiensi transpor (TE) digunakan untuk menunjukkan besarnya presentase Cr (VI) yang tersisihkan dirumuskan dengan persamaan sabagai berikut [12]:

$$TE = \frac{C_r \cdot C_i}{C_i} \times 100\% \quad (2.18)$$

Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Februari 2019 hingga bulan April 2019 dan dilaksanakan di Laboratorium Kimia Analitik, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya, Malang.

3.2. Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini meliputi peralatan gelas (gelas kimia, labu ukur 50, 25, 10 mL, tabung reaksi), neraca analitik, pengaduk magnetik, *motor rotary*, sel difusi, UV-Vis Spectrophotometer-1240, pipet tetes, pipet mikro, pipet ukur, botol sampot, botol sampel, *syringe*, pinset, dan cawan petri.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain bahan-bahan berderajat pro-analisis (pa), PVC (*Sigma*), Aliquat 336-Cl (*Sigma*), THF (*Merck*), DOP (*Dioctyl Phthalate*), NaOH (*Merck*), HCl (pa), HNO₃ (pa), K₂CrO₄ (*Merck*), H₂SO₄ (pa), aseton (pa), dan diphenylcarbazine (*Merck*).

3.3. Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahap, antara lain:

1. Pembuatan membran PIM
2. Pembuatan larutan
 - a. Preparasi larutan K₂CrO₄ 50 mg/L
 - b. Preparasi larutan NaOH 0,05 M
 - c. Preparasi larutan *Diphenylcarbazine*
3. Transpor Cr (VI) melalui PIM
4. Penentuan kadar Cr (VI) dengan spektrofotometer UV-Vis single beam
 - a. Penentuan panjang gelombang maksimum Cr (VI) *Diphenylcarbazine*
 - b. Pembuatan kurva baku Cr (VI) *Diphenylcarbazine*

- c. Penentuan konsentrasi Cr (VI) dari fasa umpan dan fasa penerima
5. Perhitungan dan interpretasi data

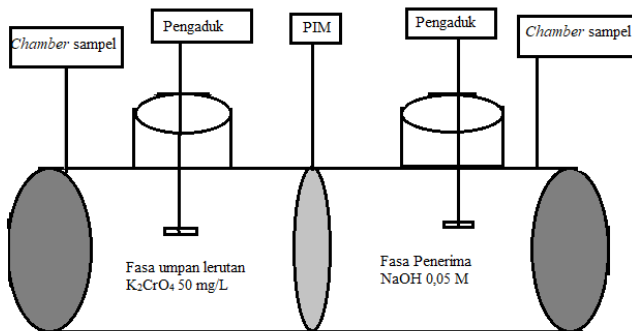
3.4. Prosedur Penelitian

3.4.1. Pembuatan Membran PIM

Membran PIM dibuat dengan komposisi PVC 60% (w/w), 20% (w/w) aliat 336-Cl, dan DOP 20% (w/w) dengan massa total membran adalah 150 mg. Membran PIM dibuat dengan melarutkan 0,09 g polimer dasar (PVC) dalam 5 mL THF dengan dilakukan pengadukan menggunakan *magnetic stirrer* selama 30-60 menit atau sampai PVC larut sempurna. Larutan PVC kemudian ditambahkan dengan 34 μL Aliquat 336-Cl dan 30 μL plasticizier (DOP). Setelah semuanya tercampur, maka campuran dimasukkan kedalam cawan petri (diameter 5 cm) dan kemudian ditutup dengan kertas saring dan penutup cawan selama ± 24 jam untuk menguapkan THF, sehingga dihasilkan membran tipis, fleksibel, transparan, dan permukaannya tidak berminyak.

3.4.2. Transpor Cr (VI) melalui PIM

Untuk mempelajari transpor Cr (VI) digunakan sel difusi (gambar 3.1) yang terdiri dari dua kompartemen yaitu untuk fasa umpan dan fasa penerima.



Gambar 3.1: Skema proses transpor Cr (VI) melalui PIM

Fasa umpan diisi dengan larutan K_2CrO_4 50 mg/L dan fasa penerima NaOH 0,05 M dengan PIM yang dijepit diantara kedua kompartemen.

3.4.2.1. Pengaruh pH pada Fasa Umpan terhadap Transpor Cr (VI)

Pada percobaan ini, PIM yang dihasilkan pada 3.4.1 dipasang pada O-ring dan kemudian dijepit diantara fasa umpan dan fasa penerima. Komposisi fasa umpan dan fasa penerima untuk uji ini ditunjukkan pada tabel dibawah ini:

Tabel 3.1: Komposisi dan kondisi transpor Cr (VI)

<i>Carrier</i>	Kondisi	Fasa Umpan	Fasa Penerima
Aliquat 336-Cl	Larutan	K_2CrO_4 50 mg/L	NaOH 0,05 M
	Volume	100 mL	100 MI
	pH	2, 4, 6, 8	11,3

Kedua kompartemen diaduk dengan kecepatan 150 rpm selama 180 menit. Pada setiap 30 menit diambil 1 mL larutan K_2CrO_4 pada fasa umpan dan 1 mL larutan NaOH pada fasa penerima. Selanjutnya, konsentrasi Cr (VI) dalam fasa umpan dan fasa penerima diukur dengan metode spektrofotometri sinar tampak pada panjang gelombang yang didapat pada prosedur 3.4.3.1 dengan prosedur sesuai dengan 3.4.3.3 Berdasarkan konsentrasi yang diperoleh ditentukan besarnya konstanta permeabilitas membran, fluks awal, dan efisiensi transport seperti yang tertera pada sub bab analisa data 3.4.4 Besarnya pH pada fasa umpan di variasi pada 2, 4, 6, dan 8 dengan percobaan dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan. pH fasa umpan yang menghasilkan tranpor optimal digunakan untuk percobaan tahap selanjutnya.

3.4.2.2. Pengaruh Anion pada Fasa Umpan terhadap Transpor Cr (VI)

Pada percobaan ini digunakan PIM yang dihasilkan pada 3.4.1 dan dipasang pada O-ring yang kemudian dijepit diantara fasa umpan dan

fasa penerima. Kondisi pH fasa umpan yang digunakan berdasarkan hasil percobaan 3.4.2.1 dengan pengondisian pH menggunakan larutan H_2SO_4 , HCl , dan HNO_3 0,01 M. komposisi dan kondisi fasa penerima yaitu larutan NaOH 0,05 M dengan pH 11,3 sebanyak 100 mL. Kedua kompartemen diaduk dengan kecepatan 150 rpm selama 180 menit dengan setiap 30 menit diambil 1 mL larutan K_2CrO_4 pada fasa umpan dan 1 mL larutan NaOH pada fasa penerima. Selanjutnya, konsentrasi Cr (VI) dalam fasa umpan dan fasa penerima diukur dengan metode spektrofotometri sinar tampak pada panjang gelombang yang didapat pada prosedur 3.4.3.1 dengan prosedur sesuai dengan 3.4.3.3 berdasarkan konsentrasi yang diperoleh ditentukan besarnya konstanta permeabilitas membran, fluks awal, dan efisiensi transpor.

3.4.3. Penentuan Konsentrasi Cr (VI) Secara Spektrofotometri Sinar Tampak

3.4.3.1. Penentuan Panjang Gelombang Maksimum Kompleks Cr (VI)-Diphenylcarbazide

Larutan Cr (VI) induk 50 mg/L diambil sebanyak 0,6 mL dimasukkan ke dalam labu takar 50 mL, kemudian ditambahkan larutan H_2SO_4 10% v/v sampai pH 2, ditambahkan *diphenylcarbazide* 1 mL, dan ditambah akuades hingga 50 mL. Kemudian larutan tersebut didiamkan selama 5 menit untuk pembentukan kompleks yang optimum. Larutan kemudian diukur absorbansinya pada panjang gelombang 400-650 nm menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Besarnya nilai absorbansi maksimum pada panjang gelombang tertentu menunjukkan panjang gelombang maksimum.

3.4.3.2. Pembuatan Kurva Baku Cr (VI) Diphenylcarbazide

Larutan standar Cr (VI) dengan konsentrasi 0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; dan 1,0 mg/L dibuat dari larutan induk Cr (VI) 50 mg/L dengan mengambil 0,0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 dan 1,0 mL dengan volume akhir 50 mL. Larutan ditambah larutan H_2SO_4 10% v/v sampai pH 2, ditambah dengan 1 mL *diphenylcarbazide*, dan ditambahkan dengan akuades hingga 50 mL dalam labu takar 50 mL. Larutan kemudian didiamkan selama 5 menit untuk pembentukan kompleks yang optimum. Larutan

diukur dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum yang diperoleh dari percobaan 3.4.3.1 Hasil pengukuran kemudian dibuat kurva baku standar dengan absorbansi pada sumbu Y dan konsentrasi pada sumbu X.

3.4.3.3 Penentuan Konsentrasi Cr (VI) Pada Fasa Umpan dan Fasa Penerima

Pada fasa umpan dicuplik 1 mL setiap 30 menit dan dimasukkan kedalam labu takar 50 mL. Larutan selanjutnya, ditambah H_2SO_4 10% v/v sampai pH 2, ditambahkan dengan 1 mL *diphenylcarbazide*, dan ditambahkan akuades hingga 50 mL. Pada fasa penerima larutan NaOH 0,05 M dicuplik 1 mL setiap 30 menit dan dimasukkan kedalam labu ukur 50 mL. Larutan tersebut ditambahkan dengan indikator fenolftalen 1 tetes dan ditambahkan H_2SO_4 0,01 M sampai didapat larutan NaOH netral. Larutan selanjutnya ditambah H_2SO_4 10% v/v sampai pH 2, ditambahkan 1 mL *diphenylcarbazide*, dan ditambahkan akuades hingga 50 mL. Masing-masing larutan kemudian didiamkan selama 5 menit untuk pembentukan kompleks yang optimum. Selanjutnya absorbansi larutan diukur pada panjang gelombang maksimum hasil percobaan 3.4.3.1 Konsentrasi Cr (VI) pada fasa umpan dan fasa penerima kemudian dihitung berdasarkan persamaan garis yang diperoleh dari kurva baku standar Cr (VI) pada percobaan 3.4.3.2.

3.4.4. Analisis Data

Besarnya nilai absorbansi yang didapat pada konsentrasi yang telah ditentukan pada percobaan 3.4.3.2, kemudian digunakan untuk membuat kurva hubungan konsentrasi terhadap absorbansi dan didapatkan persamaan $y = \alpha x$, sehingga besarnya konsentrasi Cr (VI) pada fasa umpan dan fasa penerima dapat ditentukan. Kemudian besar konsentrasi pada kedua fasa digunakan untuk mengetahui terjadinya waktu kesetimbangan transpor, sehingga dapat dibuat kurva hubungan $\ln(C_i/C_e)$ terhadap waktu untuk memperoleh besarnya nilai konstanta k. Setelah itu, besarnya permeabilitas dapat dihitung dari persamaan (2.12), dan untuk besarnya nilai fluks awal transpor dapat diperoleh dari

persamaan (2.15). Sedangkan, untuk efisiensi transpor dihitung dengan persamaan (2.19).

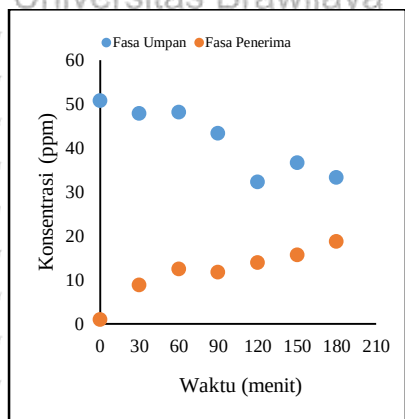
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

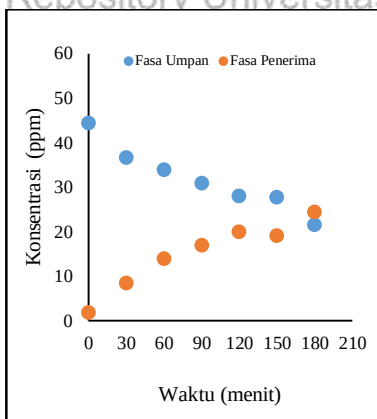
4.1. Pengaruh pH pada Fasa Umpam terhadap Transpor Cr (VI)

PIM yang dihasilkan untuk transpor Cr (VI) dengan variasi pH pada fasa umpam memiliki lapisan yang tipis, transparan, fleksibel dengan permukaan yang tidak berminyak. Pada penelitian transpor Cr (VI) dengan pengaruh pH digunakan H_2SO_4 0,1 M untuk pengondisian larutan K_2CrO_4 50 mg/L menjadi pH asam 2; 4; dan 6, sedangkan untuk pengondisian basa pH 8 digunakan NaOH 0,05 M. Secara fisik, larutan fasa umpam pada pH asam dan basa tidak memiliki perbedaan yang spesifik. Pada pH asam larutan K_2CrO_4 memiliki warna kuning yang lebih pekat dibandingkan dengan larutan K_2CrO_4 pH basa. Fasa penerima yang digunakan adalah larutan NaOH 0,05 M dengan proses transpor Cr (VI) dilakukan selama 180 menit dan setiap 30 menit larutan pada fasa umpam dan penerima diambil sebanyak 1 mL. Larutan yang diperoleh tersebut kemudian diukur besarnya absorbansi dengan menggunakan metode spektrofotometri untuk mengetahui konsentrasi Cr (VI).

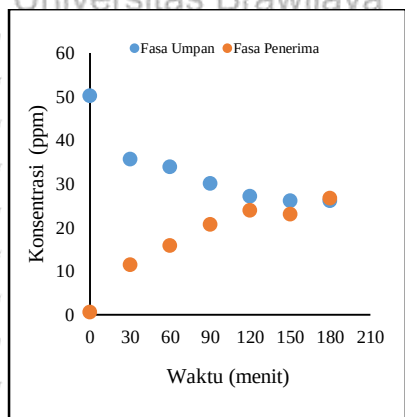
Berdasarkan gambar 4.1 dapat diketahui adanya penurunan konsentrasi Cr (VI) pada fasa umpam dan kenaikan konsentrasi Cr (VI) pada fasa penerima yang menunjukkan terjadi transpor Cr (VI) melalui PIM. Pada transpor Cr (VI) dengan fasa umpam larutan K_2CrO_4 pH 2 penurunan konsentrasi Cr (VI) pada fasa umpam tidak mengalami penurunan secara konstan. Hal ini, terjadi karena pada pH 2 Cr (VI) terdapat dalam spesies $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ sehingga menyebabkan mobilitas Cr (VI) melalui membran kurang efektif, yang disebabkan karena jumlah muatan ion dari spesi Cr (VI) yang terbentuk berbeda dengan jumlah muatan ion yang terdapat pada senyawa pembawa dalam membran. Selain itu, pada pH 2 juga memungkinkan adanya efek protonasi HCrO_4^- yang dapat menyebabkan terjadinya penurunan dari spesi ini. Kesetimbangan laju transpor Cr (VI) melalui PIM tercepat terjadi pada menit ke-150 yaitu pada fasa umpam larutan K_2CrO_4 pH 2 dan 8.



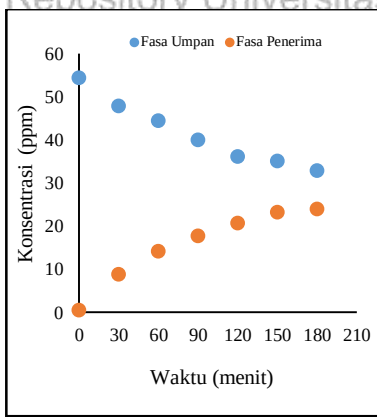
(a)



(b)



(c)

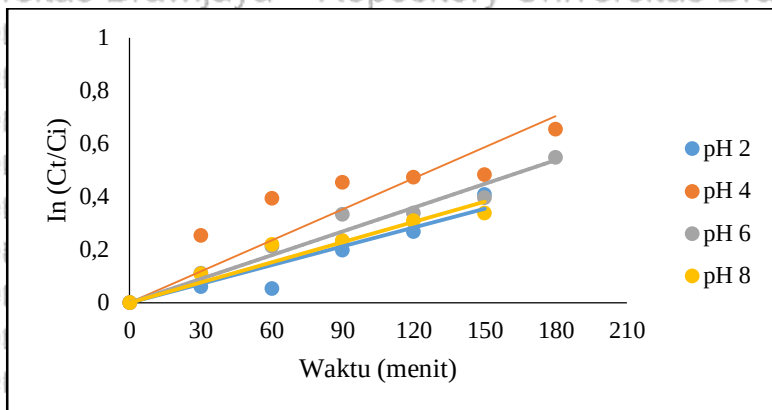


(d)

Gambar 4.1: Grafik hubungan perubahan konsentrasi Cr (VI) terhadap waktu pada pH (a) 2, (b) 4, (c) 6, dan (d) 8

Karakteristik membran sebagai media transpor Cr (VI) ditentukan dari besarnya nilai permeabilitas membran dan fluks awalnya. Permeabilitas merupakan besar konstanta laju transpor suatu ion target melalui membran menuju fasa penerima, sedangkan fluks awal menunjukkan besarnya laju transpor suatu ion target dari fasa umpan ke fasa penerima. Besarnya permeabilitas membran dihitung

berdasarkan kemiringan garis linier grafik hubungan $\ln(C_i/C_o)$ terhadap waktu yang ditunjukkan pada gambar 4.2.



Gambar 4.2: Grafik hubungan $\ln C_i/C_i$ terhadap waktu pada berbagai pH larutan K_2CrO_4

Berdasarkan grafik pada gambar 4.2 diperoleh kemiringan garis terbesar pada larutan K_2CrO_4 pH 4 dengan besar kemiringan 0,0040. Besar kemiringan garis kemudian digunakan untuk menentukan besarnya permeabilitas, fluks awal, dan efisiensi transpor yang ditunjukkan pada tabel 4.1 dengan contoh perhitungan pada Lampiran D.

Tabel 4.1: Nilai permeabilitas, fluks awal, dan efisiensi transpor pada pH 2; 4; 6; dan 8

pH Fasa Umpan	2	4	6	8
Konstanta (k)	0,0024	0,0040	0,0031	0,0025
Luas Permukaan (cm ²)	15,904	15,904	15,904	15,904
Volume (mL)	1,0	1,0	1,0	1,0
Permeabilitas (x10 ⁻⁴ mL/min.cm ²)	1,54	2,55	1,98	1,57
Fluks awal (x10 ⁻² mg/min.cm ²)	0,77	1,27	0,99	0,79
Efisiensi Transpor (%)	26,15	46,60	32,03	30,75

Berdasarkan tabel 4.1 dapat dilihat bahwa efisiensi transpor optimum Cr (VI) menggunakan PIM PVC-Aliquat 336-Cl terdapat pada fasa umpan larutan K_2CrO_4 50 mg/L pH 4 sebesar 46,60%. Efisiensi transpor suatu membran ditinjau dari selisih antara konsentrasi awal dengan konsentrasi saat kesetimbangan di fasa umpan yang ditentukan secara termodinamika. Selain ditentukan dari besarnya efisiensi transpor, karakteristik PIM juga ditentukan dari besarnya nilai permeabilitas membran dan fluks awal. Besarnya fluks awal suatu membran berbanding lurus dengan besarnya permeabilitas membran, ini sesuai dengan persamaan (2.15) [12]. Berdasarkan tabel 4.1 nilai permeabilitas terbesar terjadi pada fasa umpan larutan K_2CrO_4 50 mg/L pH 4 yaitu $2,55 \times 10^{-4}$ mL/min.cm² dengan besar fluks awal $1,27 \times 10^{-2}$ mg/min.cm². Fluks awal dari suatu membran sendiri ditentukan secara kinetika yaitu dari besarnya nilai differensiasi konsentrasi Cr (VI) pada fasa umpan terhadap waktu.

Bentuk spesi Cr (VI) dalam suatu larutan tidak hanya dipengaruhi oleh besarnya pH dari larutan tersebut, akan tetapi juga dipengaruhi oleh konsentrasi total Cr (VI) dalam larutan. Pada larutan dengan konsentrasi total Cr (VI) kurang dari $(1,26 - 1,74) \times 10^{-2}$ M spesies $Cr_2O_7^{2-}$ dikonversi menjadi $HCrO_4^-$. Sedangkan, pada konsentrasi total Cr (VI) yang lebih tinggi dari $(1,26 - 1,74) \times 10^{-2}$ M terjadi dimerisasi $HCrO_4^-$ dan $Cr_2O_7^{2-}$ menjadi spesies yang utama [23].

Efisiensi transpor optimum terjadi pada fasa umpan dengan larutan K_2CrO_4 50 mg/L pH 4. Pada pH 4 Cr (VI) secara sempurna terdapat dalam spesies $HCrO_4^-$, hal ini selain disebabkan oleh Cr (VI) sebagai $HCrO_4^-$ dan $Cr_2O_7^{2-}$ akan tetapi karena konsentrasi total Cr (VI) dalam larutan kurang dari $1,26 \times 10^{-2}$ M, maka sebagian besar Cr (VI) dalam larutan terdapat dalam spesies $HCrO_4^-$. Dalam bentuk ion $HCrO_4^-$ memiliki muatan total ion yang sama dengan muatan total ion yang terdapat pada senyawa pembawa dalam membran, sehingga senyawa kompleks yang terbentuk antara senyawa pembawa dan $HCrO_4^-$ akan terbentuk optimal, dengan adanya perbedaan pH antara fasa umpan dan fasa penerima menghasilkan gradien konsentrasi dan dapat mempengaruhi gaya dorong $HCrO_4^-$ melalui membran. Sedangkan, pada pH lebih dari 4 atau pada pH basa terjadi penurunan efisiensi transpor sebagai konsekuensi dari transpor ion OH^- dari fasa

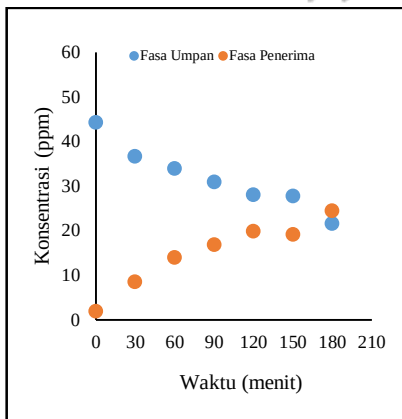
penerima ke fasa umpan terjadi lebih cepat dibandingkan fasa umpan dengan pH dibawah 4. Selain itu, pada pH basa Cr (VI) dalam spesies CrO_4^{2-} lebih cepat terbentuk dalam fasa umpan, yang menyebabkan tidak semua Cr (VI) dalam fasa umpan tertranspor melalui membran sebagai akibat pembentukan kompleks senyawa pembawa dan CrO_4^{2-} yang tidak optimum. Pembentukan CrO_4^{2-} yang cepat pada fasa umpan juga menyebabkan spesies CrO_4^{2-} pada fasa umpan berlebih, akibatnya terjadi penyumbatan pori-pori membran dan polarisasi molukel yang dapat menyebabkan penurunan fluks awal dari membran.

4.2. Pengaruh Anion pada Fasa Umpan terhadap Transpor Cr (VI)

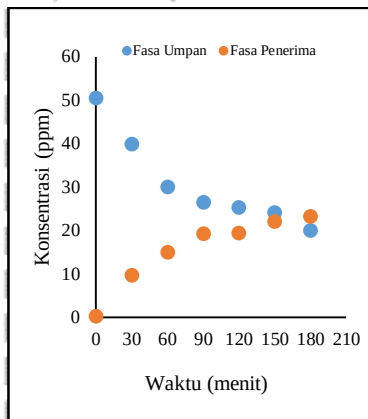
Pada penelitian ini, untuk mengetahui pengaruh *counter-anion* yang terdapat pada fasa umpan pada transpor dari Cr (VI) melalui PIM. Transpor dilakukan dengan menggunakan fasa umpan larutan K_2CrO_4 50 mg/L pH 4 dengan menggunakan ion SO_4^{2-} , Cl^- , dan NO_3^- untuk mengetahui pengaruh *counter-anion* pada fasa umpan. Ion-ion tersebut berasal dari senyawa H_2SO_4 , HCl , dan HNO_3 0,1 M.

Transpor Cr (VI) melalui PIM selain dipengaruhi oleh gradien konsentrasi ion Cr (VI) yang melalui membran juga dapat dipengaruhi spesi ion lain yang dapat membentuk *coupled-transport ion*. Selain itu, mobilitas ion lain yang dapat berpasangan dalam fasa organik dari membran juga berpengaruh pada transpor Cr (VI) [12]. Gambar 4.3 menunjukkan proses transpor Cr (VI) dengan pengaruh anion lain yang ditunjukkan dengan penurunan konsentrasi Cr (VI) pada fasa umpan dan kenaikan pada fasa umpan.

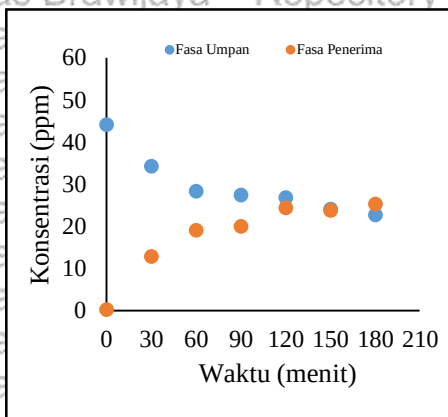
Dari gambar 4.3 dapat diketahui waktu kesetimbangan transpor pada pengaruh beberapa anion lain dalam fasa umpan. Waktu kesetimbangan tercepat didapat pada fasa umpan yang mengandung anion Cl^- dan NO_3^- yaitu saat menit ke-150. Berdasarkan waktu kesetimbangan yang didapat, maka besarnya permeabilitas dan fluks awal dari membran dapat ditentukan. Besarnya permeabilitas dan fluks awal dihitung berdasarkan kemiringan garis linier grafik hubungan $\ln(C_i/C_o)$ terhadap waktu yang ditunjukkan pada gambar 4.4.



(a)

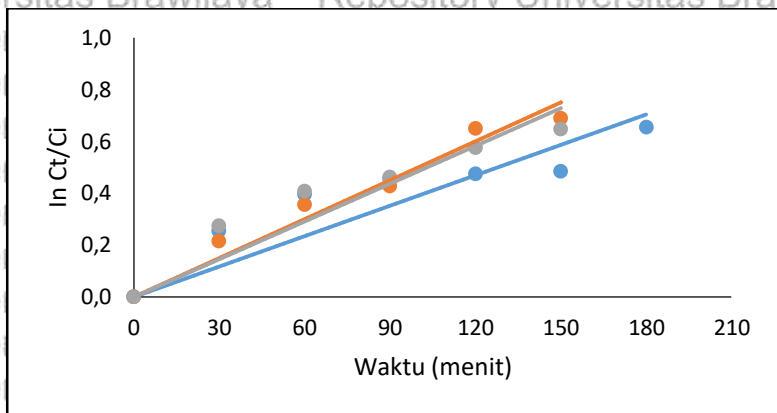


(b)



(c)

Gambar 4.3: Grafik hubungan perubahan konsentrasi Cr(VI) terhadap waktu pada pH 4 dengan anion (a) SO_4^{2-} , (b) Cl^- , dan (c) NO_3^- pada fasa umpan



Gambar 4.4: Grafik hubungan $\ln C_t/C_i$ terhadap waktu pada berbagai anion pada fasa umpan: $\bullet \text{SO}_4^{2-}$ $\bullet \text{Cl}^-$ $\bullet \text{NO}_3^-$

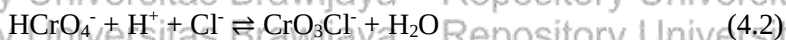
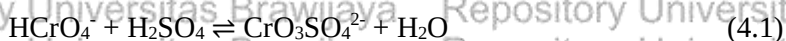
Berdasarkan kemiringan garis yang didapat, maka besarnya permeabilitas, fluks awal, dan efisiensi transpor dapat ditentukan, besarnya permeabilitas, fluks awal, dan efisiensi transport ditunjukkan pada tabel 4.2 dengan contoh perhitungan pada lampiran D.

Tabel 4.2: Nilai permeabilitas, fluks awal, dan efisiensi transpor pada anion SO_4^{2-} , Cl^- , dan NO_3^- pada fasa umpan

Anion Fasa Umpan	SO_4^{2-}	Cl^-	NO_3^-
Konstanta (k)	0,0040	0,0051	0,0048
Luas Permukaan (cm^2)	15,904	15,904	15,904
Volume (mL)	1,0	1,0	1,0
Permeabilitas ($\times 10^{-4}$ mL/min.cm ²)	2,55	3,21	3,02
Fluks awal ($\times 10^{-2}$ mg/min.cm ²)	1,27	1,60	1,51
Efisiensi Transpor (%)	46,60	48,84	43,34

Berdasarkan tabel 4.2 dapat diketahui efesienni transpor optimum terjadi pada fasa umpan dengan anion Cl^- sebesar 48,84%. Salah satu faktor yang mempengaruhi besarnya efisiensi transpor adalah kekuatan dan konsentrasi senyawa asam yang ditambahkan pada fasa umpan. Berdasarkan besarnya nilai konstanta kesetimbangan asam

(Ka) didapatkan urutan kekuatan asam dari kuat ke lemah sebagai berikut HCl; H₂SO₄; dan HNO₃. Penambahan senyawa asam pada fasa umpan digunakan untuk mengondisikan larutan K₂CrO₄ menjadi pH 4, sehingga Cr (VI) dalam larutan K₂CrO₄ akan menjadi spesies HCrO₄⁻. Semakin kuat senyawa asam yang ditambahkan maka Cr (VI) akan semakin cepat membentuk spesies HCrO₄⁻. Selain itu, transpor Cr (VI) melalui PIM yang mengandung HCl dalam fasa umpan lebih tinggi, karena Cr (VI) membentuk kompleks yang berbeda tergantung senyawa asam yang ditambahkan pada fasa umpan. Reaksi Cr (VI)-H₂SO₄ dan Cr (VI)-HCl dapat membentuk kompleks sebagai berikut [24]:



Ketika nitrat (NO₃⁻) terdapat dalam fasa umpan, Cr (VI) tidak membentuk kompleks yang sama seperti Cr (VI)-H₂SO₄ dan Cr (VI)-HCl [24]. *Counter*-anion yang terdapat pada fasa umpan akan menjadi kompetitor dengan ion target apabila besar konsentrasi *counter*-anion lebih besar daripada ion target. Ion lain pada fasa umpan dapat memberikan pengaruh pada transpor suatu ion target salah satunya jika konsentrasi ion lain pada fasa umpan lebih besar daripada konsentrasi dari ion target [12]. Selain itu, ukuran ion HCrO₄⁻ yang terdapat pada fasa umpan yang lebih besar daripada ion SO₄²⁻, Cl⁻, dan NO₃⁻ memungkinkan HCrO₄⁻ yang tertukar dengan Cl⁻ yang berasal dari fasa membran lebih besar dibandingkan dengan *counter*-anion yang terdapat pada fasa umpan.

Karakteristik membran sebagai media transpor Cr (VI) juga dipengaruhi oleh besarnya permeabilitas dan fluks awal membran. Berdasarkan tabel 4.2 nilai permeabilitas optimum terjadi pada fasa umpan yang terdapat *counter*-anion Cl⁻ yaitu sebesar 3,21 x 10⁻⁴ mL/min.cm² dengan fluks awal sebesar 1,60 x 10⁻² mg/min.cm². Pada uji beda nyata yang dilakukan antara besarnya permeabilitas dan fluks awal pada transpor Cr (VI) dengan fasa umpan yang mengandung ion Cl⁻ dan NO₃⁻, permeabilitas memiliki *t*_{hitung} (*t*_{hitung} = 1,3) dan fluks awal memiliki *t*_{hitung} (*t*_{hitung} = 1,1) yang lebih kecil daripada *t*_{tabel} (*t*_{tabel} = 4,3),

sehingga besar permeabilitas dan fluks awal diantara keduanya menunjukkan tidak adanya perbedaan yang signifikan.



Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Hasil penelitian Pengaruh pH dan Anion pada Fasa Umpan terhadap Transpor Cr (VI) Menggunakan *Polymer Inclusion Membrane* (PIM) PVC-Aliquat 336-Cl dapat disimpulkan bahwa:

1. Besarnya pH pada fasa umpan berpengaruh pada efisiensi transpor Cr (VI) pada PIM. pH fasa umpan optimum untuk transpor Cr (VI) pada PIM yaitu pada pH 4 dengan efisiensi transpor sebesar 46,60% dan besar permeabilitas $2,55 \times 10^{-4}$ mL/min.cm² serta besar fluks awal adalah $1,27 \times 10^{-2}$ mg/min.cm².
2. Besarnya efisiensi transpor optimum pada fasa umpan pH 4 terjadi pada fasa umpan dengan anion Cl⁻ didalamnya. Besar permeabilitas membran sebesar $3,21 \times 10^{-4}$ mL/min.cm² dan fluks awal $1,60 \times 10^{-2}$ mg/min.cm² dengan efisiensi transport 48,84%.

5.2. Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai transpor Cr (VI) melalui PIM dengan fasa penerima NaCl dengan analisis Cr (VI) menggunakan metode spektrofotometri serapan atom.

Daftar Pustaka

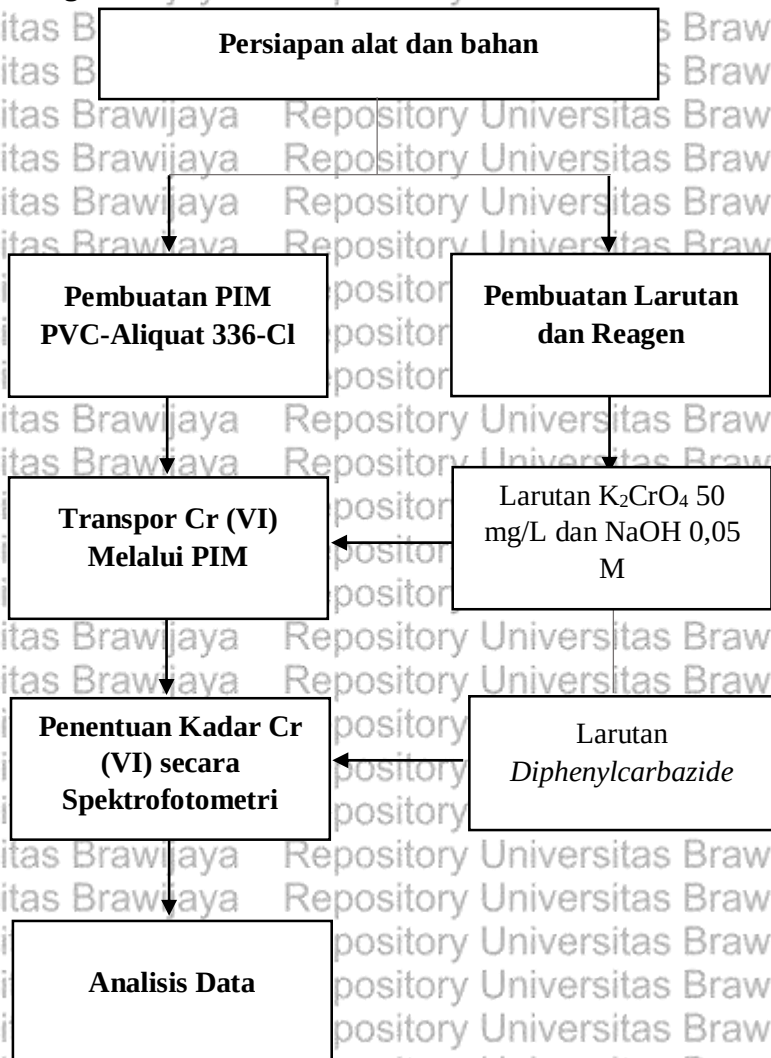
- [1]G. Svehla, 1985, **Vogel Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatif Makro dan Semimikro**, 5th ed. Jakarta: PT. Kalman Media Pustaka.
- [2]R. Januarita and H. Herdiansyah, 2010, **Adsorption of Cr(VI) on Black Water**, *Indones. J. Chem.*, vol. 3, no. 3, 169–175.
- [3]M. C. Djunaidi, K. Khabibi, and R. Nurfitriana, 2017, **Separation of Chrom (VI) from Electroplating Waste Using Polymer Inclusion Membrane (PIM) Method**, *ALCHEMY J. Penelit. Kim.*, vol. 13, no. 1, 119.
- [4]C. A. Kozlowski and W. Walkowiak, 2002, **Removal of Chromium(VI) from Aqueous Solutions by Polymer Inclusion Membranes**, *Water Res.*, vol. 36, no. 19, 4870–4876.
- [5]M. Damayanti Rahayu, 2009, **Recovery Logam Krom (VI) Menggunakan Membran Cair Berpendukung (SLM)**, *Skripsi*, Universitas Diponegoro, Semarang.
- [6]M. I. G. S. Almeida, R. W. Cattrall, and S. D. Koley, 2017, **Polymer Inclusion Membranes (PIMs) in Chemical Analysis - A Review**, *Anal. Chim. Acta*, vol. 987, 1–14.
- [7]K. N. Ulfia and M. C. Djunaidi, 2011, **Recovery Logam Krom (VI) Menggunakan Polymer Inclusion Membran (PIM) dengan Senyawa Pembawa Aliquat 336, Topo dan Campuran Aliquat 336-Topo**, p. 6.
- [8]S. Nosrati, N. S. Jayakumar, and M. A. Hashim, 2011, **Performance Evaluation of Supported Ionic Liquid Membrane for Removal of Phenol**, *J. Hazard. Mater.*, vol. 192, no. 3, 1283–1290.
- [9]C. Balan, I. Volf, and D. Bilba, 2013, **Chromium (VI) Removal from Aqueous Solutions by Purolite Base Anion-Exchange Resins with Gel Structure**, *Chem. Ind. Chem. Eng. Q.*, vol. 19, no. 4, 615–628.
- [10]Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 115 Tahun 2003.
- [11]A. Fadeline, 2015, **Pengaruh Waktu dan pH terhadap Transpor Fosfat Melalui Polymer Inclusion Membrane (PIM) dengan Plasticizer 1,10 Dekanol**, *Skripsi*, Universitas Brawijaya, Malang.
- [12]L. Nghiem, D. Patrick, N. Ian, D. Jilksa, M. Perera, R. Central, R.W. Koley, S.D., 2006, **Extraction and Transport of Metal Ions and Small Organic Compounds Using Polymer**

- Inclusion Membranes (PIMs)**, *Journal of Membrane Science*, 281, 7-41.
- [13] A. Bielicka, I. Bojanowska, and A. Wiśniewski, 2004, **Two Faces of Chromium - Pollutant and Bioelement**, *Polish Journal of Environmental Studies*, Vol. 14, No. 1, 5-10.
- [14] R. A. T. Nuraini, H. Endrawati, and I. R. Maulana, 2007, **Analisis Kandungan Logam Berat Kromium (Cr) Pada Air, Sedimen dan Kerang Hijau (Perna viridis) di Perairan Trimulyo Semarang**, *J. Kelaut. Trop.*, vol. 20, no. 1, 48.
- [15] K. K. Onchoke and S. A. Sasu, 2016, **Determination of Hexavalent Chromium (Cr(VI)) Concentrations Via Ion Chromatography and UV-Vis Spectrophotometry in Samples Collected from Nacogdoches Wastewater Treatment Plant, East Texas (USA)**, *Adv. Environ. Chem.*, vol. 2016, 1-10.
- [16] C. Onac, H. K. Alpoguz, E. Akceylan, and M. Yilmaz, 2013, **Facilitated Transport of Cr(VI) through Polymer Inclusion Membrane System Containing Calixarene Derivative as Carrier Agent**, *J. Macromol. Sci. Part A*, vol. 50, no. 10, 1013-1021.
- [17] D. L. Pavia, Ed., 2009, **Introduction to spectroscopy**, 4th ed. Belmont, CA: Brooks/Cole, Cengage Learning.
- [18] A. Garcia-Rodríguez, C. Fontàs, V. Matamoros, M. I. G. S. Almeida, R. W. Catrall, and S. D. Kolev, 2016, **Development of a Polymer Inclusion Membrane-Based Passive Sampler for Monitoring of Sulfamethoxazole in Natural Waters Minimizing The Effect of The Flow Pattern of The Aquatic System**, *Microchem. J.*, vol. 124, 175-180.
- [19] Y. Cho, C. Xu, R. W. Catrall, and S. D. Kolev, 2011, **A Polymer Inclusion Membrane for Extracting Thiocyanate from Weakly Alkaline Solutions**, *J. Membr. Sci.*, vol. 367, no. 1-2, 85-90.
- [20] M. I. G. S. Almeida, R. W. Catrall, and S. D. Kolev, 2012, **Recent Trends in Extraction and Transport of Metal Ions Using Polymer Inclusion Membranes (PIMs)**, *J. Membr. Sci.*, vol. 415-416, 9-23.
- [21] Y. Yildiz and A. Manzak, 2014, **Preparation and Application of Polymer Inclusion Membranes (PIMs) Including Alamine 336 for The Extraction of Metals from an Aqueous Solution**, *Mater. Tehnol.* 6.

- [22] M. Sholeh and S. Rochani, 2018, **Pengaruh Pemlastis Dioktilftalat Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Kulit Sintetis**, *J. Litbang Ind.*, vol. 8, no. 1, 17.
- [23] C.-V. Gherasim, G. Bourceanu, R.-I. Olariu, and C. Arsene, 2011, **A Novel Polymer Inclusion Membrane Applied in Chromium (VI) Separation From Aqueous Solutions**, *J. Hazard. Mater.*, vol. 197, 244–253.
- [24] A. Kaya, H. K. Alpoguz, and A. Yilmaz, 2013, **Application of Cr(VI) Transport through The Polymer Inclusion Membrane with a New Synthesized Calixarene Derivative**, *Ind. Eng. Chem. Res.*, vol. 52, no. 15, 5428–5436.

LAMPIRAN

Lampiran A. Diagram Alir Penelitian



Lampiran B. Perhitungan dan Pembuatan Larutan

B.1. Pembuatan Larutan Induk Cr (VI) 50 mg/L

Larutan Cr (VI) dibuat sebanyak 100 mL dari 5 mg, maka padatan K_2CrO_4 yang perlu ditimbang sebanyak:

$$\text{massa } K_2CrO_4 = \frac{Mr_{K_2CrO_4}}{Mr_{Cr}} \times \text{massa Cr}$$

$$\text{massa } K_2CrO_4 = \frac{194}{52} \times 5 \text{ mg}$$

$$\text{massa } K_2CrO_4 = 18,6 \text{ mg} = 0,018 \text{ g}$$

sebanyak 0,018 g K_2CrO_4 dimasukkan ke dalam gelas kimia dan dilarutkan dengan akuades secukupnya. Selanjutnya larutan dipindahkan ke dalam labu ukur 100 mL dan ditambahkan akuades sampai tanda batas.

B.2. Larutan NaOH 0,05 M

Larutan NaOH 0,05 M sebanyak 100 mL dibuat dari padatan NaCl

$$\begin{aligned} \text{Mol NaOH} &= M \times V \\ &= 0,05 \text{ (mol/L)} \times 0,1 \text{ L} \\ &= 0,005 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa NaOH} &= \text{mol NaOH} \times Mr_{NaOH} \\ &= 0,005 \text{ mol} \times 40 \text{ g/mol} = 0,2 \text{ g} \end{aligned}$$

sebanyak 0,2 g NaOH dimasukkan ke dalam gelas kimia dan dilarutkan dengan akuades secukupnya. Larutan selanjutnya dipindahkan ke dalam labu ukur 100 mL dan ditambahkan akuades sampai tanda batas.

B.3. Pembuatan Larutan Diphenylcarbazine

Larutan *diphenylcarbazine* dibuat dengan cara ditimbang 0,25 g kristal *diphenylcarbazine* dan kemudian dilarutkan dengan 50 mL aseton.

B.4. Pembuatan PIM

Massa total PIM yang dibutuhkan sebesar 150 mg, sehingga masing-masing bahan penyusun memiliki massa:

- $60\% \text{ PVC} = \frac{60}{100} \times 150 = 90 \text{ mg}$
- $20\% \text{ Aliquat-336} = \frac{20}{100} \times 150 = 30 \text{ mg} = 0,03 \text{ g}$

$$\rho \text{ Aliquat-336} = \frac{\text{massa aliquat-336}}{\text{volume aliquat-336}}$$

$$0,884 \text{ g/mL} = \frac{0,03 \text{ g}}{\text{volume aliquat-336}} = 34 \text{ }\mu\text{L}$$

Volume Aliquat-336 yang dibutuhkan sebanyak 34 μL

- $20\% \text{ DOP} = \frac{20}{100} \times 150 = 30 \text{ mg} = 0,03 \text{ g}$

$$\rho \text{ DOP} = \frac{\text{massa DOP}}{\text{volume DOP}}$$

$$0,986 \text{ g/mL} = \frac{0,03 \text{ g}}{\text{volume DOP}} = 30 \text{ }\mu\text{L}$$

Volume DOP yang dibutuhkan sebanyak 30 μL

Lampiran C. Data Hasil Penelitian

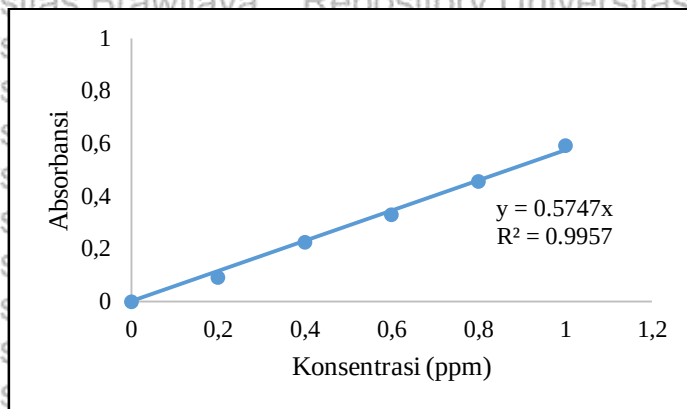
C.1. Variasi pH Fasa Umpan

C.1.1. Kurva baku Cr (VI) *diphenylcarbazide*

C.1.1.1. Kurva baku Cr (VI) *diphenylcarbazide* pH 2

Tabel C.1: Konsentrasi dan absorbansi Cr (VI) *diphenylcarbazide*

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
0,0	0,0
0,2	0,092
0,4	0,226
0,6	0,330
0,8	0,457
1,0	0,592

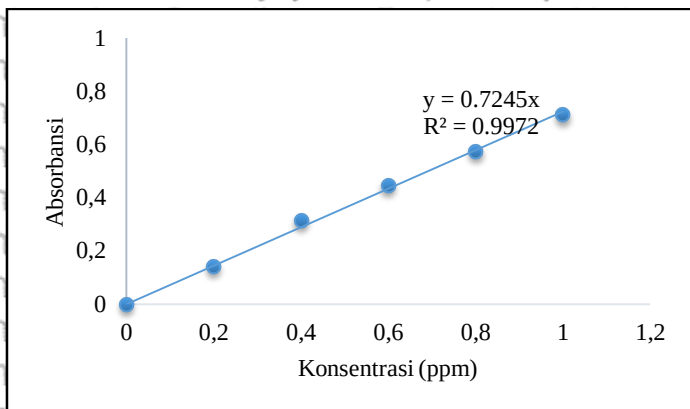


Gambar C.1: Grafik kurva baku pH 2

C.1.1.2. Kurva baku Cr (VI) *diphenylcarbazide* pH 4

Tabel C.2: Konsentrasi dan absorbansi Cr (VI) *diphenylcarbazide*

pH 4	
Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
0,0	0,0
0,2	0,142
0,4	0,315
0,6	0,447
0,8	0,574
1,0	0,712

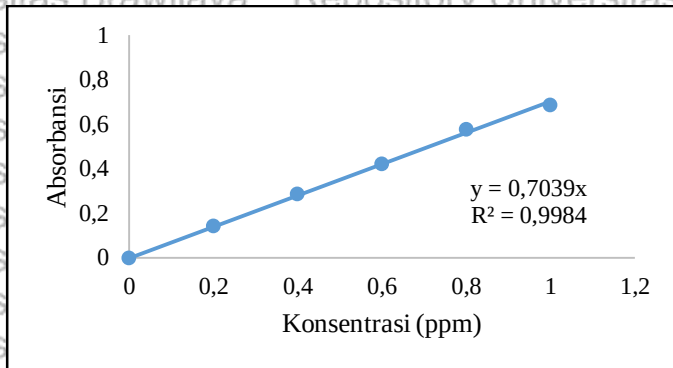


Gambar C.2: Grafik kurva baku pH 4

C.1.1.3. Kurva baku Cr (VI) *diphenylcarbazide* pH 6

Tabel C.3: Konsentrasi dan absorbansi Cr (VI) *diphenylcarbazide*

pH 6	
Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
0,0	0,0
0,2	0,144
0,4	0,287
0,6	0,423
0,8	0,579
1,0	0,688

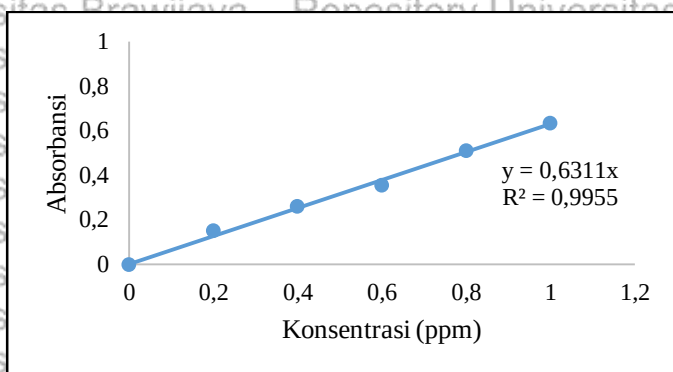


Gambar C.3: Grafik kurva baku pH 6

C.1.1.4. Kurva baku Cr (VI) *diphenylcarbazide* pH 8

Tabel C.4: Konsentrasi dan absorbansi Cr (VI) *diphenylcarbazide* pH 8

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
0,0	0,0
0,2	0,150
0,4	0,259
0,6	0,355
0,8	0,511
1,0	0,633



Gambar C.4: Grafik kurva baku pH 8



C.1.2. Data Hasil Transpor Cr (VI)

Tabel C.5: Konsentrasi hasil transpor Cr (VI) pada variasi pH fasa umpan

Waktu (menit)	Fasa Umpan								Fasa Penerima							
	pH 2		pH 4		pH 6		pH 8		pH 2		pH 4		pH 6		pH 8	
	A	C	A	C	A	C	A	C	A	C	A	C	A	C	A	C
0	0,583	50,72	0,691	47,65	0,704	50,01	0,686	54,35	0,07	0,61	0,023	1,60	0,006	0,43	0,004	0,28
30	0,499	43,37	0,573	39,54	0,611	43,37	0,623	49,36	0,098	8,48	0,099	6,82	0,110	7,78	0,105	8,32
60	0,501	43,54	0,513	35,37	0,565	40,13	0,593	46,94	0,128	11,13	0,159	10,94	0,134	9,52	0,171	13,55
90	0,470	40,84	0,448	30,88	0,527	37,43	0,539	42,66	0,135	11,70	0,192	13,23	0,189	13,43	0,214	16,91
120	0,406	35,28	0,421	29,02	0,493	34,98	0,484	38,35	0,161	13,96	0,229	15,80	0,220	15,59	0,254	20,12
150	0,426	37,02	0,416	28,67	0,467	33,17	0,479	37,95	0,173	15,05	0,234	16,17	0,228	16,20	0,290	22,94
180	0,397	34,54	0,312	21,50	0,459	32,57	0,465	36,84	0,192	16,66	0,304	20,95	0,244	17,30	0,301	23,84

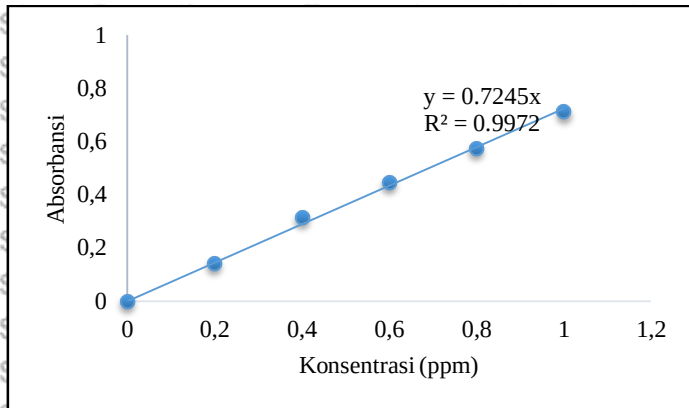
A adalah besarnya absorbansi dan C adalah besarnya konsentrasi Cr (VI) (mg/L).

C.2. Variasi Anion pada Fasa Umpan

C.2.1. Kurva baku Cr (VI) *diphenylcarbazine*

Tabel C.6: Konsentrasi dan absorbansi Cr (VI) *diphenylcarbazine*

Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
0,0	0,0
0,2	0,142
0,4	0,315
0,6	0,447
0,8	0,574
1,0	0,712



Gambar C.5: Grafik kurva baku



C.2.2. Data Hasil Transpor Cr (VI)

Tabel C.7: Konsentrasi hasil transpor Cr (VI) pada variasi anion fasa umpan

Waktu (menit)	Fasa Umpan						Fasa Penerima					
	SO ₄ ²⁻		Cl ⁻		NO ₃ ⁻		SO ₄ ²⁻		Cl ⁻		NO ₃ ⁻	
	A	C	A	C	A	C	A	C	A	C	A	C
0	0,691	47,65	0,731	50,45	0,661	45,62	0,023	1,60	0,004	0,28	0,004	0,25
30	0,573	39,54	0,589	40,65	0,493	34,02	0,099	6,82	0,131	9,01	0,179	12,38
60	0,513	35,37	0,512	35,30	0,428	29,56	0,159	10,94	0,193	13,29	0,277	18,70
90	0,448	30,88	0,477	32,88	0,389	26,87	0,192	13,23	0,228	15,73	0,298	20,57
120	0,421	29,02	0,397	27,40	0,354	24,43	0,229	15,80	0,253	17,43	0,337	24,43
150	0,416	28,67	0,374	25,81	0,337	23,23	0,234	16,17	0,305	21,01	0,339	24,61
180	0,312	21,50	0,366	25,26	0,329	22,68	0,304	20,95	0,325	22,39	0,347	26,29

A adalah besarnya absorbansi dan C adalah besarnya konsentrasi Cr (VI) (mg/L).

Lampiran D. Perhitungan Data

D.1. Permeabilitas Membran PIM dengan Variasi pH pada Fasa Umpan

a. pH 2

$$P = \text{slope} \cdot \frac{V}{A} = 0,0024 \times \frac{1 \text{ ml}}{15,904 \text{ cm}^2} = 1,54 \times 10^{-4} (\text{mL/min.cm}^2)$$

b. pH 4

$$P = \text{slope} \cdot \frac{V}{A} = 0,0040 \times \frac{1 \text{ ml}}{15,904 \text{ cm}^2} = 2,55 \times 10^{-4} (\text{mL/min.cm}^2)$$

c. pH 6

$$P = \text{slope} \cdot \frac{V}{A} = 0,0031 \times \frac{1 \text{ ml}}{15,904 \text{ cm}^2} = 1,98 \times 10^{-4} (\text{mL/min.cm}^2)$$

d. pH 8

$$P = \text{slope} \cdot \frac{V}{A} = 0,0025 \times \frac{1 \text{ ml}}{15,904 \text{ cm}^2} = 1,57 \times 10^{-4} (\text{mL/min.cm}^2)$$

D.2. Fluks Awal PIM dengan Variasi pH pada Fasa Umpan

a. pH 2

$$J = P[M]t = 1,54 \times 10^{-4} \times 50 = 7,70 \times 10^{-3} (\text{mg/min.cm}^2)$$

b. pH 4

$$J = P[M]t = 2,55 \times 10^{-4} \times 50 = 1,27 \times 10^{-2} (\text{mg/min.cm}^2)$$

c. pH 6

$$J = P[M]t = 1,98 \times 10^{-4} \times 50 = 9,90 \times 10^{-3} (\text{mg/min.cm}^2)$$

d. pH 8

$$J = P[M]t = 1,57 \times 10^{-4} \times 50 = 7,85 \times 10^{-3} (\text{mg/min.cm}^2)$$

D.3. Efisiensi Transpor PIM dengan Variasi pH pada Fasa Umpan

a. pH 2

$$\%TE = \frac{(C_i - C_t)}{C_i} \times 100\% = \frac{(50,72 - 37,45) \text{ mg/L}}{50,72 \text{ mg/L}} \times 100\% = 26,15\%$$

b. pH 4

$$\%TE = \frac{(C_i - C_t)}{C_i} \times 100\% = \frac{(47,66 - 25,61) \text{ mg/L}}{47,66 \text{ mg/L}} \times 100\% = 46,60\%$$

c. pH 6

$$\%TE = \frac{(C_i - C_t)}{C_i} \times 100\% = \frac{(50,00 - 34,15) \text{ mg/L}}{50,00 \text{ mg/L}} \times 100\% = 32,03\%$$

d. pH 8

$$\%TE = \frac{(C_i - C_t)}{C_i} \times 100\% = \frac{(54,35 - 37,63) \text{ mg/L}}{54,35 \text{ mg/L}} \times 100\% = 30,75\%$$

D.4. Permeabilitas Membran PIM dengan Variasi Anion pada Fasa Umpan

a. SO_4^{2-}

$$P = \text{slope} \cdot \frac{V}{A} = 0,0040 \times \frac{1 \text{ ml}}{15,904 \text{ cm}^2} = 2,55 \times 10^{-4} (\text{mL/min.cm}^2)$$

b. Cl^-

$$P = \text{slope} \cdot \frac{V}{A} = 0,0051 \times \frac{1 \text{ ml}}{15,904 \text{ cm}^2} = 3,21 \times 10^{-4} (\text{mL/min.cm}^2)$$

c. NO_3^-

$$P = \text{slope} \cdot \frac{V}{A} = 0,0048 \times \frac{1 \text{ ml}}{15,904 \text{ cm}^2} = 3,02 \times 10^{-4} (\text{mL/min.cm}^2)$$

D.5. Fluks Awal PIM dengan Variasi Anion pada Fasa Umpan

a. SO_4^{2-}

$$J = P[M]t = 2,55 \times 10^{-4} \times 50 = 1,27 \times 10^{-2} (\text{mg/min.cm}^2)$$

b. Cl^-

$$J = P[M]t = 3,21 \times 10^{-4} \times 50 = 1,60 \times 10^{-2} (\text{mg/min.cm}^2)$$

c. NO_3^-

$$J = P[M]t = 3,02 \times 10^{-4} \times 50 = 1,51 \times 10^{-2} (\text{mg/min.cm}^2)$$

D.6. Efisiensi Transpor PIM dengan Variasi Anion pada Fasa Umpan

a. SO_4^{2-}

$$\%TE = \frac{(C_i - C_t)}{C_i} \times 100\% = \frac{(47,66 - 25,61) \text{ mg/L}}{47,66 \text{ mg/L}} \times 100\% = 46,60\%$$

b. Cl^-

$$\%TE = \frac{(C_i - C_t)}{C_i} \times 100\% = \frac{(50,45 - 25,81) \text{ mg/L}}{50,45 \text{ mg/L}} \times 100\% = 48,84\%$$

c. NO_3^-

$$\%TE = \frac{(C_i - C_t)}{C_i} \times 100\% = \frac{(45,27 - 25,67) \text{ mg/L}}{45,27 \text{ mg/L}} \times 100\% = 43,34\%$$