

**Pengaruh Jenis dan Konsentrasi Senyawa Pembawa dalam
Polymer Inclusion Membrane (PIM) terhadap Transpor
Cr(VI)**

SKRIPSI

Oleh:

**Tabita Chikaatesa
155090201111035**



JURUSAN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2019

**Pengaruh Jenis dan Konsentrasi Senyawa Pembawa dalam
Polymer Inclusion Membrane (PIM) terhadap Transpor
Cr(VI)**

SKRIPSI

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

Oleh:

Tabita Chikaatesa

155090201111035



JURUSAN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2019

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**“Pengaruh Jenis dan Konsentrasi Senyawa Pembawa dalam
Polymer Inclusion Membrane (PIM) terhadap Transpor Cr(VI)”**

oleh:

**TABITA CHIKAATESA
155090201111035**

Setelah diseminarkan di depan Majelis Penguji
pada tanggal...**25 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. 197404292000032001

Pembimbing II,

Dr. Ani Mulyasuryani, MS
NIP. 196306281991032001



Mengetahui,
Ketua Jurusan Kimia
Fakultas MIPA Universitas Brawijaya

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

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Tabita Chikaatesa

NIM : 155090201111035

Jurusan : Kimia

Penulis skripsi berjudul:

**“Pengaruh Jenis dan Konsentrasi Senyawa Pembawa dalam
Polymer Inclusion Membrane (PIM) terhadap Transpor Cr(VI)”**

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.

25 JUN 2019

Malang,

Yang menyatakan,



(Tabita Chikaatesa)

NIM. 155090201111035

Pengaruh Jenis dan Konsentrasi Senyawa Pembawa dalam *Polymer Inclusion Membrane (PIM)* terhadap Transpor Cr(VI)

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah mempelajari pengaruh jenis dan konsentrasi senyawa pembawa dalam *polymer inclusion membrane* (PIM) terhadap transpor Cr(VI). PIM terbuat dari 60% *polyvinyl chloride* (PVC), 20% *dioctyl phtalate* (DOP) dan senyawa pembawa dalam *tetrahydrofuran* (THF). Senyawa pembawa yang dipelajari adalah *trioctylmethyl-ammonium chloride* (TOMAC), *trioctylamine* (TOA) dan campuran TOMAC dan TOA dengan perbandingan konsentrasi 4:1. Konsentrasi senyawa pembawa divariasikan pada 10%, 15%, 20%, 25% dan 30% (w/w). Transpor dilakukan dengan menggunakan sel difusi dengan fasa umpan adalah larutan K_2CrO_4 50 mg/L yang diatur pada pH 4. Fasa penerima adalah NaOH 0,05 M. Kedua fasa diaduk selama 180 menit dengan kecepatan 150 rpm. Larutan pada kedua fasa diambil sebanyak 1 mL setiap 30 menit. Konsentrasi Cr(VI) dalam cuplikan dianalisis secara spektrofotometri sinar tampak menggunakan pereaksi difenilkarbazida pada panjang gelombang 541 nm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa PIM dengan senyawa pembawa TOMAC lebih efektif untuk transpor Cr(VI) daripada dengan menggunakan senyawa pembawa TOA atau campuran TOMAC dan TOA (4:1). Semakin tinggi konsentrasi TOMAC, semakin tinggi efisiensi transpor Cr(VI). Transpor Cr(VI) optimal pada konsentrasi 25% (w/w) dengan nilai efisiensi transpor 52,70%.

Kata kunci: Cr(VI), *polymer inclusion membrane*(PIM), TOMAC, *trioctyl amine* (TOA).

Effect of Carriers nature and its Concentration for Polymer Inclusion Membrane (PIM) on the Transport of Cr(VI)

ABSTRACT

The purpose of this research was to studied the effect of carriers nature and its concentration for polymer inclusion membrane (PIM) on the transport of Cr(VI). PIM was made of 60% polyvinyl chloride (PVC), 20% dioctyl phtalate (DOP) and carrier compounds in tetrahydrofuran (THF). The studied carriers were trioctylmethylammonium chloride (TOMAC), trioctylamine (TOA) and the mixture of TOMAC and TOA at concentration ratio of 4:1. The concentration of carriers was varied at 10%, 15%, 20%, 25%, 30% (w/w). Transport was conducted by using a diffusion cell with the feed phase was K_2CrO_4 50 mg/L solution at pH 4. The stripping phase was NaOH 0.05 M. Both phases were stirred for 180 minutes at 150 rpm. The solutions in both phases were taken as much as 1 mL every 30 minutes. The concentration of Cr(VI) in the samples was analyzed by spectrophotometric method using diphenylcarbazide at wavelength of 541 nm. The result showed that PIM by using TOMAC as carrier was more effective to transport Cr(VI) than the used of TOA or the mixed of TOMAC and TOA (4:1) as carrier. The higher concentration of carrier, the higher Cr(VI) transport efficiency. Transport Cr(VI) was optimally occurred at concentration of 25% (w/w). At condition, the transport efficiency of Cr(VI) was 52.70%.

Keywords: Cr(VI), polymer inclusion membrane(PIM), TOMAC, trioctyl amine (TOA).

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, yang telah melimpahkan Rahmat dan Karunia-Nya sehingga penulis dapat menyusun dan menyelesaikan skripsi yang berjudul *Pengaruh Jenis dan Konsentrasi Senyawa Pembawa dalam Polymer Inclusion Membrane (PIM) terhadap Transpor Cr(VI)* dengan baik. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains dalam bidang Kimia di Universitas Brawijaya Malang.

Di dalam menyusun skripsi ini, penulis sering mengalami kesulitan, namun berkat bantuan, bimbingan serta dorongan dari semua pihak segala kesulitan itu dapat teratasi dengan baik. Pada kesempatan yang berbahagia ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang tua dan seluruh keluarga tercinta yang telah memberikan dukungan baik moril maupun materil serta doa yang tiada henti-hentinya kepada penulis.
2. 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.
3. Ibu Dr. Hermin Sulistyarti selaku Kalab Analitik.
4. Bapak Masruri, S.Si.,M.Si.,Ph.D selaku Ketua Jurusan Kimia.
5. Teman-teman Kimia A dan semua pihak yang telah membantu proses penyusunan skripsi ini.

Akhir kata, dengan segala kerendahan hati penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam menyusun skripsi ini, untuk itu saran dan kritik yang bersifat membangun dari pembaca sangat diharapkan demi kesempurnaan penulisan pada masa yang akan datang, dan semoga skripsi ini bermanfaat bagi para pembaca.

Malang, 2019

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	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 Perumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
1.1 Kromium	5
1.2 <i>Polymer Inclusion Membrane</i> (PIM)	6
1.2.1 Komposisi PIM	8
1.2.1.1 Polimer dasar	8
1.2.1.2 Pemlastis	8
1.2.1.3 Senyawa Pembawa	9
1.2.2 Transpor Cr(VI) melalui PIM	11
BAB 3 METODE PENELITIAN	14
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	14
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	14
3.3 Tahapan Penelitian	14
3.4 Prosedur Penelitian	15

3.4.1	Pembuatan membran PIM	15
3.4.1.1	Pembuatan PIM dengan senyawa pembawa TOMAC, TOA, dan TOMAC-TOA	15
3.4.1.2	Pembuatan PIM dengan variasi konsentrasi senyawa pembawa	16
3.4.2	Pembuatan larutan	16
3.4.2.1	Pembuatan larutan induk Cr(VI) 50 mg/L dari K_2CrO_4	16
3.4.2.2	Pembuatan larutan NaOH 0,05 M	16
3.4.2.3	Pembuatan larutan difenilkarbazida	17
3.4.3	Transpor Cr(VI) melalui PIM	17
3.4.3.1	Pengaruh senyawa pembawa terhadap transpor Cr(VI)	17
3.4.3.2	Pengaruh konsentrasi senyawa pembawa terhadap transpor Cr(VI)	18
3.4.4	Penentuan konsentrasi Cr(VI) secara spektrofotometri sinar tampak	19
3.4.4.1	Penentuan panjang gelombang maksimum kompleks difenilkarbazida-Cr(VI)	19
3.4.4.2	Pembuatan kurva baku standar	19
3.4.4.3	Penentuan konsentrasi Cr(VI)	19
3.4.5	Analisis data	20
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		21
4.1	Pengaruh Senyawa Pembawa dalam PIM Terhadap Transpor Cr(VI)	21
4.2	Pengaruh Konsentrasi Senyawa Pembawa melalui PIM Terhadap Transpor Cr(VI)	26
BAB V PENUTUP		30
5.1	Kesimpulan	30
5.2	Saran	30
DAFTAR PUSTAKA		31
LAMPIRAN		34

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Reaksi antara Cr(VI) dengan difenilkarbazida	6
Gambar 2.2	Struktur <i>polyvinyl chlorida</i> (PVC)	8
Gambar 2.3	Struktur <i>dioctyl phthalate</i> (DOP)	9
Gambar 2.4	Struktur kimia TOMAC	10
Gambar 2.5	Struktur kimia <i>Triocetylamine</i> (TOA)	10
Gambar 2.6	Mekanisme transpor Cr(VI) dengan TOMAC	11
Gambar 2.7	Mekanisme transpor Cr(VI) dengan TOA	12
Gambar 3.1	Alat sel difusi untuk transpor Cr(VI)	18
Gambar 4.1	Perubahan konsentrasi Cr(VI) pada fasa umpan (merah) dan fasa penerima (biru) melalui PIM dengan senyawa pembawa (a) TOMAC, (b) TOA dan (c) TOMAC-TOA	22
Gambar 4.2	Grafik hubungan antara $\ln([M_o]/[M_s])$ dengan waktu menggunakan PIM dengan senyawa pembawa TOMAC, TOA dan TOMAC-TOA	23
Gambar 4.3	Perbandingan nilai efisiensi transpor	23
Gambar 4.4	Perubahan konsentrasi Cr(VI) pada fasa umpan (merah) dan fasa penerima (biru) melalui PIM TOMAC dengan konsentrasi: (a) 10% (b) 15% (c) 20% (d) 25% (e) 30% (w/w)	27
Gambar 4.5	Grafik hubungan antara $\ln([M_o]/[M_s])$ dengan waktu menggunakan PIM TOMAC dengan konsentrasi: 10%, 15%, 20%, 25%, 30% (w/w).	28
Gambar 4.6	Perbandingan nilai efisiensi transpor	28
Gambar C.1	Hasil scanning panjang gelombang maksimum	39
Gambar C.2	Grafik kurva baku	40
Gambar C.3	Grafik kurva baku	42

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Pemisahan Cr(VI) melalui PIM	7
Tabel 3.1	Komposisi jenis senyawa pembawa	15
Tabel 3.2	Variasi konsentrasi senyawa pembawa	16
Tabel 4.1	Nilai permeabilitas, fluks awal dan efisiensi transpor PIM dengan berbagai jenis senyawa pembawa	25
Tabel 4.2	Nilai permeabilitas, fluks awal dan efisiensi transpor PIM dengan variasi konsentrasi senyawa pembawa	29
Tabel B.1	Pembuatan larutan standar Cr(VI) untuk kurva baku ion Cr(VI)	36
Tabel C.1	Konsentrasi dan absorbansi Cr(VI)	40
Tabel C.2	Konsentrasi Hasil transpor Cr(VI) pada variasi jenis senyawa pembawa	41
Tabel C.3	Konsentrasi dan Absorbansi Cr(VI)	42
Tabel C.4	Konsentrasi Hasil transpor Cr(VI) pada variasi konsentrasi senyawa pembawa	43

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A. Diagram Alir Penelitian	34
Lampiran B. Perhitungan Pembuatan Larutan	35
B.1 Larutan Cr(VI)	35
B.1.1 Larutan Induk Cr(VI) 50 mg/L	35
B.1.2 Larutan Cr(VI) 0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; dan 1,0 mg/L	35
B.2 Larutan NaOH 0,05 M	36
B.3 Pembuatan PIM	36
Lampiran C. Data Hasil Penelitian	39
C.1 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum	39
C.2 Pengaruh Senyawa Pembawa	40
C.2.1 Kurva baku Cr(VI)	40
C.2.2 Data Hasil Transpor Cr(VI)	41
C.3 Pengaruh Variasi Konsentrasi Senyawa Pembawa	42
C.3.1 Kurva baku Cr(VI)	42
C.3.2 Data Hasil Transport Ion Tiosianat	43
Lampiran D. Perhitungan Data	44
D.1 Permeabilitas Membran PIM dengan Jenis Senyawa Pembawa	44
D.2 Fluks Awal PIM dengan Jenis Senyawa Pembawa	44
D.3 Efisiensi Transpor Jenis Senyawa Pembawa	44
D.4 Permeabilitas Membran PIM dengan Variasi Konsentrasi TOMAC	45
D.5 Fluks PIM dengan Variasi Konsentrasi TOMAC	45
D.6 Efisiensi Transpor PIM dengan Variasi Konsentrasi TOMAC TOMAC	46
D.7 Uji BNT	46

DAFTAR ISTILAH DAN LAMBANG

Simbol/singkatan	Keterangan
pH	<i>Potential of Hydrogen</i>
PIM	<i>Polymer Inclusion Membrane</i>
PVC	<i>Poly Vinyl Chloride</i>
THF	<i>Tetra Hidro Furan</i>
CTA	<i>Cellulose Tri Acetate</i>
DOP	<i>Diocetyl Phtalate</i>
TOA	<i>Triocetyl-Amine</i>
A	Absorbansi
ϵ	absorptivitas molar
C	Konsentrasi sampel
SLM	<i>Supported Liquid Membrane</i>
TOMAC	<i>Triocetylmethyl-Ammonium Chloride</i>
NPOE	<i>Nitrophenyl Octyl Ether</i>
J	fluks awal
P	permeabilitas membrane
t	waktu transport
[M]	konsentrasi ion target
$[M]_{i,0}$	konsentrasi ion target di fasa umpan pada $t=0$
$[M]_{i,t}$	konsentrasi ion target di fasa umpan pada waktu kesetimbangan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kromium merupakan salah satu senyawa kimia yang dapat mencemari lingkungan. Peningkatan konsentrasi logam kromium di perairan disebabkan oleh pembuangan air limbah dari beberapa kegiatan industri seperti pabrik cat, pabrik tinta, pelapisan logam, penyamakan kulit, pengilangan minyak dan pabrik tekstil [1]. Di perairan, logam kromium ada dalam dua bentuk oksidasi stabilnya yaitu Cr(III) dan Cr(VI). Cr(VI) mempunyai sifat sangat mudah larut di perairan, bersifat toksik, tidak mudah terurai, persisten, dan bioakumulatif. Tingkat toksisitas Cr(VI) lebih tinggi dibandingkan Cr(III). Berdasarkan Peraturan Pemerintah No.82 tahun 2001, ambang batas krom total untuk keperluan air baku, air minum dan kegiatan perikanan yaitu 0,05 mg/L. Apabila kadar Cr(VI) melebihi ambang batas, maka dapat meracuni manusia, hewan dan tumbuhan. Terakumulasinya Cr(VI) dalam tubuh manusia dapat menyebabkan kanker karena Cr(VI) bersifat karsinogen [2]. Selain itu juga dapat menyebabkan kerusakan hati, ginjal, iritasi kulit serta bersifat racun bagi protoplasma makhluk hidup [3]. Oleh karena itu sangat penting dilakukan pemisahan Cr(VI) dari limbah yang mengandung krom.

Beberapa penelitian mengenai metode penyisihan Cr(VI) telah diupayakan. Salah satunya adalah metode ekstraksi pelarut. Metode ini menggunakan garam ammonium kuarterner sebagai ekstraktan. Akan tetapi metode ini beresiko karena menggunakan pelarut dari bahan-bahan yang volatil dan mudah terbakar dalam jumlah banyak [4]. Metode lain yang dapat digunakan untuk penyisihan Cr(VI) yaitu menggunakan membran cair emulsi (*Emulsion Liquid Membrane, ELM*) dan membran cair berpendukung

(*Supported Liquid Membrane, SLM*). Namun metode ini memiliki daya tahan yang buruk karena hilangnya pelarut dan senyawa pembawa ke larutan yang disebabkan oleh pembentukan tetesan emulsi atau perbedaan tekanan dalam membran [5].

Polymer Inclusion Membranes (PIM) merupakan salah satu jenis membran cair yang saat ini banyak dikembangkan untuk teknik pemisahan. PIM adalah membran yang bersifat transparan, homogen dan fleksibel yang terdiri dari polimer dasar, pemlastis dan senyawa pembawa. PIM memungkinkan ekstraksi dan ekstraksi balik terjadi secara bersamaan pada sisi berlawanan dari membran [2]. Kelebihan dari PIM adalah pemisahan sangat selektif, fluks membran lebih tinggi daripada SLM, lebih hemat senyawa pembawa dan pelarut yang digunakan, kestabilan yang sangat tinggi dan senyawa pembawa yang hilang selama proses dapat diabaikan [4,6].

Pemisahan ion dengan PIM dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain pH larutan fasa umpan, jenis senyawa pembawa dan konsentrasi senyawa pembawa [7]. Senyawa pembawa sangat berpengaruh dalam transpor ion logam. Senyawa pembawa akan membentuk kompleks dengan ion target di fasa umpan yang kemudian berdifusi melewati membran dan ion target dilepaskan ke fasa penerima [2]. *Triocetylamine (TOA)* dan *trioctylmethylammonium chloride (TOMAC)* merupakan senyawa pembawa basa yang digunakan sebagai penukar anion. Keduanya memiliki struktur kimia yang berbeda. TOMAC merupakan garam amonium kurtaener bermuatan positif dari struktur NR_4^+ , dimana R merupakan suatu gugus alkil atau gugus aril. TOA merupakan amina tersier yang memiliki struktur R_3-N , dimana R merupakan suatu gugus alkil atau gugus aril. Struktur yang berbeda menyebabkan mekanisme transport keduanya berbeda. Transpor ion target dengan TOMAC terjadi karena adanya pertukaran ion sedangkan dengan TOA transpor ion target terjadi karena adanya pembentukan kompleks pasangan ion pada pH asam [7]. Penggunaan campuran senyawa pembawa dapat memberikan efek sinergi yaitu efek yang saling memperkuat yang

menyebabkan peningkatan hasil ekstraksi[2]. Konsentrasi senyawa pembawa juga mempengaruhi transpor ion target, semakin besar konsentrasi senyawa pembawa, laju transpor meningkat dan semakin besar ion target yang diperoleh dalam fasa penerima [9].

Khoirin [6] telah mempelajari pengaruh senyawa pembawa TOMAC, TOPO dan campuran TOMAC-TOPO dalam PIM untuk memisahkan logam krom (VI) dari limbah elektroplating. Fasa umpan adalah limbah elektroplating yang mengandung logam Cr(VI) dengan pH 4,4 sedangkan fasa penerima adalah larutan NaCl 2 N dengan pH 6,3. Penelitian ini menunjukkan bahwa transpor ion logam dipengaruhi oleh senyawa pembawa TOMAC dan campuran TOMAC-TOPO dengan persentase transpor ke fasa penerima yaitu 73,8% dan 72,7%. Sedangkan TOPO tidak dapat melakukan proses transpor ion logam Cr(VI) karena kondisi percobaan yang dilakukan bukan merupakan kondisi optimal TOPO yaitu kondisi basa pada fasa penerima.

Berdasarkan uraian diatas, pada penelitian ini dipelajari pengaruh TOMAC, TOA, campuran Aliquat336-TOA sebagai senyawa pembawa dan konsentrasi senyawa pembawa terhadap permeabilitas, fluks awal dan efisiensi transpor Cr(VI) melalui PIM dengan polimer dasar PVC dan pemlastis DOP.

1.2 Perumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh TOMAC, TOA dan campuran TOMAC-TOA sebagai senyawa pembawa terhadap transpor Cr(VI) melalui PIM/DOP?
2. Bagaimana pengaruh konsentrasi senyawa pembawa terhadap transpor Cr(VI) melalui PIM/DOP?

1.3 Batasan Masalah

1. Fasa umpan yang digunakan adalah larutan Cr(VI) 50 mg/L pH 4.
2. Fasa penerima adalah larutan NaOH 0,05 M.

3. Komposisi PIM terdiri dari polimer dasar PVC, pemlastis DOP, dan senyawa pembawa TOMAC atau TOA atau campuran TOMAC dan TOA dengan perbandingan 4:1.
4. Parameter transpor yang diamati yaitu permeabilitas, fluks awal dan efisiensi transpor.

1.4 Tujuan Penelitian

1. Mempelajari pengaruh TOMAC, TOA dan campuran TOMAC-TOA sebagai senyawa pembawa terhadap transpor Cr(VI) melalui PIM/DOP.
2. Mempelajari pengaruh konsentrasi senyawa pembawa terhadap transpor Cr(VI) melalui PIM/DOP.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah dapat mengetahui pengaruh jenis dan variasi konsentrasi senyawa pembawa terhadap permeabilitas, fluks awal dan efisiensi transpor melalui PIM/DOP.

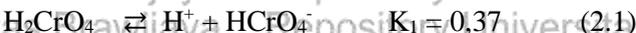
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kromium

Kromium merupakan salah satu logam berat yang berbahaya bagi kesehatan. Kromium digunakan di berbagai industri termasuk penyamakan kulit, industri pelapisan logam, pengecatan, dan metalurgi [10]. Kromium dalam perairan terdapat dalam dua keadaan oksidasi yang stabil yaitu Cr(III) dan Cr(VI) [11]. Cr(III) merupakan bahan pokok yang diperlukan untuk metabolisme karbohidrat, glukosa, lemak dan protein dalam mamalia selain itu juga sebagai kofaktor untuk aktifitas insulin [1]. Cr(VI) bersifat sangat toksik, korosif, karsinogen dan mempunyai kelarutan yang tinggi di perairan. Cr(VI) ada dalam berbagai bentuk anionik seperti H_2CrO_4 , HCrO_4^- , CrO_4^{2-} dan $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ tergantung pH larutan dan konsentrasi Cr(VI) [4]. Ion-ion kromat berwarna kuning sedangkan dikromat berwarna jingga. Ion-ion kromat dan dikromat merupakan zat pengoksidasi yang kuat.

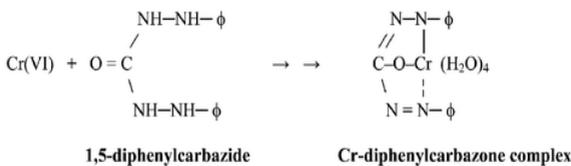
Rentang konsentrasi Cr(VI) dan pH larutan akan menentukan spesi Cr(VI) di perairan [12]. Reaksi kesetimbangan disajikan dalam persamaan (2.1)-(2.3):



Molekul asam kromat netral, H_2CrO_4 merupakan spesies yang dominan pada $\text{pH} < 2$, CrO_4^{2-} pada $\text{pH} > 7$ [13]. Sedangkan HCrO_4^- dan $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ berlaku di larutan asam, rasio anion tergantung pada konsentrasi spesies [4]. Pada konsentrasi total Cr(VI) lebih rendah dari $(1,26-1,74) \times 10^{-2}$ M, $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ dikonversi ke HCrO_4^- . Pada konsentrasi Cr(VI) yang lebih tinggi, dimerisasi HCrO_4^- terjadi dan $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ menjadi spesies utama dalam larutan [14]. Pada penelitian ini larutan Cr(VI) diatur pada pH 4 karena fraksi HCrO_4^- pada pH 4

mencapai lebih dari 80% lebih dominan dibandingkan spesies Cr(VI) yang lain.

Analisis Cr(VI) dapat dilakukan dengan metode kolorimetri, dengan penambahan difenilkarbazida sebagai zat pengompleks. Pada pH $2 \pm 0,5$ kompleks difenilkarbazida-Cr(VI) menghasilkan warna merah keunguan dan waktu kestabilan kompleks 5 menit. Pembentukan kompleks warna merah keunguan karena reaksi Cr(VI) dengan difenilkarbazida melibatkan dua langkah yaitu reduksi Cr(VI) menjadi Cr(III) dan oksidasi difenilkarbazida menjadi difenilkarbazon [21]. Reaksi yang terjadi antara Cr(VI) dengan difenilkarbazida dapat dilihat pada gambar 2.1 berikut:



Gambar 2.1 Reaksi antara Cr(VI) dengan difenilkarbazida

Pengukuran kompleks difenilkarbazida-Cr(VI) dilakukan pada panjang gelombang maksimum 540 nm [15]. Konsentrasi Cr(VI) dapat diukur berdasarkan Hukum Lambert-Beer dengan persamaan 2.4 [11].

$$A = \epsilon b C \quad (2.4)$$

dimana A adalah absorbansi, ϵ adalah absorptivitas molar (L/mol.cm), b adalah ketebalan dari sel (cm), dan C adalah konsentrasi (mol/L).

2.2 Polymer Inclusion Membrane (PIM)

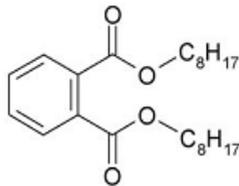
Polymer Inclusion Membrane (PIM) merupakan jenis membran cair yang tipis, transparan, fleksibel dan stabil. PIM merupakan pengembangan metode membran cair, yaitu *Supported Liquid Membrane* (SLM) [7]. PIM memungkinkan ekstraksi dan ekstraksi

balik terjadi secara bersamaan disisi yang sesuai membran, yang memungkinkan ion target secara selektif diangkut melintasi membran dan dengan demikian ion target dipisahkan [12]. PIM dapat digunakan untuk pemisahan molekul organik berukuran kecil, ion logam dan non logam. Komposisi PIM terdiri dari polimer dasar, pemlastis dan senyawa pembawa [2]. PIM dibuat dengan melarutkan PVC dalam pelarut THF. Setelah PVC larut, ditambahkan pemlastis dan senyawa pembawa. Kemudian campuran dimasukkan dalam cetakan kaca dengan permukaan yang datar (misalnya cawan petri) dan memungkinkan pelarut menguap [6]. Penelitian yang telah dilakukan tentang pemisahan Cr(VI) melalui PIM dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut:

Tabel 2.1 Pemisahan Cr(VI) melalui PIM

[Cr(VI)] ₀ (mol/L)	pH Fasa Umpan	Polimer Dasar	Carrier/Pemlastis	Fasa Penerima	Ref.
$2,0 \times 10^{-3}$	1,0	CTA	TOMAC/o- NPPE	0,1 M NaOH	[15]
$2,0 \times 10^{-3}$	1,0	CTA	TOA/o-NPPE	0,1 M NaOH	[15]
$2,3 \times 10^{-4}$	1,2	PVC	TOMAC/2- NPOE	0,1 M NaOH	[13]
$2,0 \times 10^{-3}$	1,0-2,5	CTA	TOA/o-NPOE	0,1 M CH ₃ COONH ₄	[17]
$1,0 \times 10^{-3}$	0,3	CTA	TDPNO/o-NPPE	0,5 M CH ₃ COONa	[7]
$1,8 \times 10^{-6}$	2,0	CTA	TOMAC/DOP	1 M NaNO ₃	[14]
$1,0 \times 10^{-3}$	4,0	PVC	TOMAC/-	0,05 M NaOH	[6]
1055 ppm	4	PVC	Aliquat- TOPO/DBE	2 M NaCl	[13]

menarik antarmolekul dan menetralkan gugus polar dari polimer dengan gugus polar dari pemlastis [13]. Konsentrasi pemlastis yang berlebihan dapat membentuk film di permukaan membran sehingga menghalangi pengangkutan ion target melintasi membran [7]. Sedangkan konsentrasi pemlastis yang rendah menyebabkan membran menjadi lebih kaku dan rapuh. Pada penelitian ini digunakan DOP sebagai pemlastis. DOP merupakan cairan kental yang tidak berwarna, sedikit bau, titik didih 384°C , tidak larut dalam air tetapi larut dalam etanol, minyak dan sebagian pelarut organik. Komponen terbesar dalam DOP adalah senyawa diester dari asam ftalat dengan rantai 2-etil heksanol.



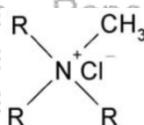
Gambar 2.3: Struktur *Diocetyl Phthalate* (DOP) [2]

2.2.1.3 Senyawa pembawa

Transpor dalam PIM dilakukan oleh senyawa pembawa. Senyawa pembawa berfungsi mengikat ion target melalui pembentukan senyawa kompleks atau pasangan ion [18]. Kompleks atau pasangan ion yang terbentuk selanjutnya akan melewati membran. Pembawa juga bertindak sebagai katalis karena dapat meningkatkan ruang kimia dalam membran dengan meningkatkan laju difusi transpor [19]. Proses transpor ion target akan berhenti ketika gradien konsentrasi antara fasa umpan dengan fasa penerima sama dengan 0. Semakin besar konsentrasi senyawa pembawa, semakin besar konsentrasi ion target dalam fasa penerima [20]. Jenis senyawa pembawa yang digunakan dalam PIM yaitu asam, basa, netral, makromolekul dan makrosiklik [7].

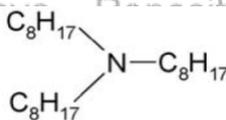
Penelitian ini senyawa pembawa yang digunakan adalah pembawa jenis basa. Senyawa pembawa amina alifatik lebih baik

daripada amina aromatik karena disebabkan oleh perbedaan kebasaaan nitrogen pada alkil amin yang meningkat sesuai urutan berikut: amonium primer < sekunder < tersier < kuartener [21]. *Trioctylmethyl-Ammonium Chloride* (TOMAC) dengan nama lain Aliquat 336-Cl adalah garam amonium kuartener yang bermuatan positif sehingga tidak di pengaruhi pH larutan [12]. TOMAC merupakan senyawa pembawa basa yang digunakan untuk mengekstrak anion dengan membentuk kompleks. TOMAC telah banyak digunakan sebagai senyawa pembawa dalam PIM untuk memisahkan berbagai ion logam [13]. TOMAC tidak larut dalam air dan memiliki berat molekul 404,164 g/mol. TOMAC memiliki rumus molekul $(C_8H_{17})_3CH_3N^+Cl^-$ dan stuktur kimia dapat dilihat pada gambar 2.4 berikut:



Gambar 2.4 Struktur Kimia TOMAC [7]

Trioctylamine (TOA) juga merupakan jenis senyawa pembawa basa yang memiliki gugus amina tersier. TOA tidak larut dalam air. Amina tersier memiliki afinitas yang besar untuk asam, yang menghasilkan kompleks asam-amina stabil [20]. TOA memiliki nilai pK_b 5,8 [5]. *Trioctylamine* (TOA) memiliki rumus molekul $C_{24}H_{51}N$ gambar 2.5 dengan berat molekul 353,679 g/mol.

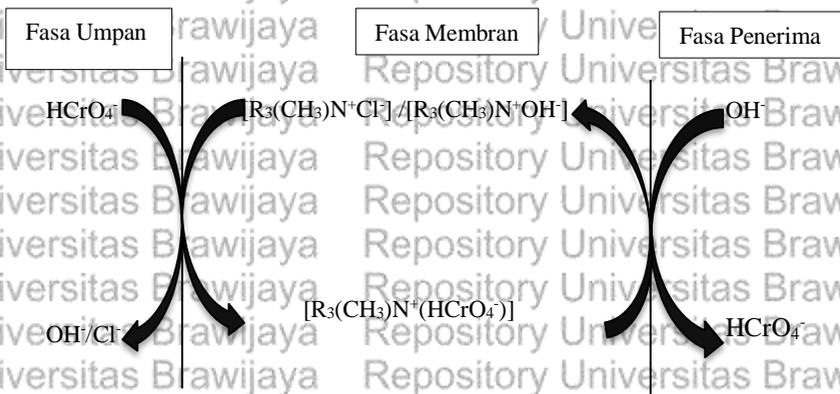


Gambar 2.5 Struktur kimia *Trioctylamine* (TOA)[7]

2.2.2 Transpor Cr(VI) melalui PIM

Proses transpor ion target dengan PIM dimulai pada saat terjadi kontak antarmuka fasa umpan dan fasa membran, ion target pada fasa umpan akan berikatan dengan senyawa pembawa membentuk kompleks. Kompleks selanjutnya dibawa ke antarmuka fasa membran dan fasa penerima. Pada fasa ini, senyawa pembawa melepaskan ion logam yang diikatnya dan digantikan dengan ion dalam fasa penerima. Selanjutnya ligan bebas berdifusi ke fasa umpan untuk memulai difusi kembali. Proses tersebut berlangsung secara *reversible* [7]. Proses transpor melalui PIM pada dasarnya melibatkan proses pertukaran ion target antara dua komponen melalui fasa membran [12].

Mekanisme transpor Cr(VI) menggunakan TOMAC dimulai dengan penggantian Cl^- dan OH^- oleh HCrO_4^- pada antarmuka fasa umpan dan fasa membran kemudian membentuk kompleks TOMAC- HCrO_4 . Kompleks yang terbentuk berdifusi melewati membran. Di antarmuka fasa membran dan fasa penerima, senyawa pembawa melepaskan HCrO_4^- ke fasa penerima. Setelah itu TOMAC memulai kembali proses transpor.



Gambar 2.6 Mekanisme transpor Cr(VI) dengan TOMAC

Transpor ion target melalui PIM dengan pembawa TOA tidak terjadi pertukaran ion. Proses transpor ion target dengan pembawa TOA yaitu TOA di antarmuka fasa umpan dan fasa membran akan terprotonasi terlebih dahulu yang selanjutnya membentuk kompleks dengan ion target. Kompleks yang dihasilkan selanjutnya menuju ke antarmuka fasa membran dan fasa penerima. Adanya gradien konsentrasi di fasa penerima yang lebih besar maka ion HCrO_4^- dapat lepas menuju ke fasa penerima. Perbedaan pH antara fasa umpan dan fasa penerima menghasilkan gradien konsentrasi OH^- yang merupakan gaya dorong untuk transportasi Cr(VI) melalui membran [16].



Gambar 2.7 Mekanisme Transpor Cr(VI) dengan TOA

Penggunaan campuran senyawa pembawa dapat memberikan efek sinergi yaitu efek yang saling memperkuat yang menyebabkan peningkatan hasil ekstraksi. Penggunaan campuran senyawa pembawa juga dapat memberikan efek antisinergi apabila perbandingan komposisi keduanya tidak tepat [2]. Pada penelitian ini digunakan senyawa campuran TOMAC-TOA (4:1).

Kinetika proses transpor melalui PIM dapat dijelaskan oleh persamaan (2.5) [4]:

$$\ln \frac{M_0}{M_t} = k \cdot t \quad (2.5)$$

Dimana M_0 (mg/L) adalah konsentrasi ion target awal dalam larutan fasa umpan, M_t adalah konsentrasi ion target dalam larutan fasa umpan pada waktu t , k adalah konstanta laju transpor (s^{-1}) dan t adalah waktu transport (s). Nilai konstanta k diperoleh dari $\ln(M_0/M_t) = f(t)$ dan dikonfirmasi oleh koefisien korelasi r^2 .

Koefisien permeabilitas (P) (m/s) merupakan kemampuan membran dalam meloloskan partikel yang melaluinya dan dihitung dengan persamaan (2.6) berikut [4]:

$$P = \frac{V}{A} k \quad (2.6)$$

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

Fluks awal merupakan kecepatan membran mentranspor ion target dari fasa umpan menuju fasa penerima. Fluks awal dapat ditentukan dengan persamaan berikut [7]:

$$A \cdot J = -V_{fu} \frac{d[M]_{fu}}{dt} \quad (2.7)$$

pada $t=0$ $[M]_t = [M]_{fu}^0$ (2.8)

$$J = P[M]_0 \quad (2.9)$$

Dimana J adalah fluks, A adalah luas membran yang kontak (cm^2), V adalah volume fasa umpan yang diambil setiap waktu t (mL), $[M]_t$ dan $[M]_{fu}^0$ adalah konsentrasi ion target di fasa umpan pada saat t dan saat $t=0$.

Efisiensi transpor (TE) menunjukkan persentase Cr(VI) tersisihkan didefinisikan oleh persamaan (2.10) [4]:

$$TE = \frac{[M]_{fu,0} - [M]_{fu,t}}{[M]_{fu,0}} \times 100 \quad (2.10)$$

$[M]_{fu,0}$ adalah konsentrasi ion target di fasa umpan pada $t=0$ dan

$[M]_{fu,t}$ adalah konsentrasi ion target di fasa umpan pada waktu t .

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Februari 2019 sampai dengan 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 Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu berbagai peralatan gelas, pengaduk magnetik, sel difusi, *syringe*, *motor rotary*, botol sampel, botol semprot, pinset, pipet mikro, pipet tetes, neraca analitik, spatula, cawan petri, bola hisap dan spektrofotometer UV-Vis Shimadzu model UV mini-1240.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah K_2CrO_4 (Merck), NaOH (Merck), PVC (*Polyvinyl Chloride*) (Sigma-Aldrich), DOP (*Diocetyl Phthalate*) (Sigma-Aldrich), TOMAC (Sigma-Aldrich), TOA (*Triocetylamine*) (Sigma-Aldrich), THF (*Tetrahidrofuran*) (Merck), H_2SO_4 (Merck), difenilkarbazida (Merck), Aseton (Merck), indikator PP dan akuades.

3.3 Tahapan Penelitian

Tahap-tahap penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Persiapan alat dan bahan
2. Pembuatan membran PIM
 - a. Pembuatan membran PIM dengan jenis senyawa pembawa TOMAC, TOA, dan TOMAC-TOA
 - b. Pembuatan membran PIM dengan variasi konsentrasi senyawa pembawa
3. Pembuatan larutan
 - a. Preparasi larutan induk Cr(VI) 50 mg/L
 - b. Preparasi larutan NaOH 0,05 M

- c. Preparasi larutan difenilkarbazida
4. Transpor Cr(VI) melalui membran PIM
5. Penentuan konsentrasi Cr(VI) secara spektrofotometri sinar tampak
 - a. Penentuan panjang gelombang maksimum kompleks difenilkarbazida-Cr(VI)
 - b. Pembuatan kurva baku standar Cr(VI) 0; 0,2; 0,4; 0,6 ; 0,8 dan 1,0 mg/L
 - c. Penentuan konsentrasi Cr(VI)
6. Analisis Data

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Pembuatan membran PIM

3.4.1.1 Pembuatan PIM dengan senyawa pembawa TOMAC, TOA, dan TOMAC-TOA

Membran dibuat dengan komposisi seperti yang terdapat pada Tabel 3.1 dengan berat total membran 150 mg. PVC dilarutkan dalam pelarut THF 5 mL. Setelah PVC larut, ditambahkan pemlastis DOP dan senyawa pembawa. Campuran diaduk menggunakan pengaduk magnet pada *motor rotary* sampai homogen. Campuran kemudian dipindahkan ke dalam cawan petri dengan diameter 5 cm. Campuran ditutup dengan kertas saring dan gelas arloji selama ± 24 jam untuk menguapkan pelarut THF, sehingga dihasilkan membran yang tipis, transparan, dan fleksibel.

Tabel 3.1 Komposisi senyawa pembawa

No	PVC (% w/w)	DOP (% w/w)	Senyawa pembawa(% w/w)
1	60	20	20 (TOMAC)
2	60	20	20 (TOA)
3	60	20	20 (TOMAC-TOA 4:1)

3.4.1.2 Pembuatan PIM dengan variasi konsentrasi senyawa pembawa

Membran dibuat dengan komposisi seperti yang terdapat pada Tabel 3.2 dengan berat total membran 150 mg. PVC dilarutkan dalam pelarut THF 5 mL. Setelah PVC larut, ditambahkan pemlastis DOP dan senyawa pembawa. Campuran diaduk menggunakan pengaduk magnet pada *motor rotary* sampai homogen. Campuran kemudian dipindahkan ke dalam cawan petri dengan diameter 5 cm. Campuran ditutup dengan kertas saring dan gelas arloji selama ± 24 jam untuk menguapkan pelarut THF, sehingga dihasilkan membran yang tipis, transparan, dan fleksibel.

Tabel 3.2 Variasi konsentrasi senyawa pembawa

No	PVC (% w/w)	DOP (% w/w)	Senyawa pembawa (% w/w)
1	70	20	10
2	65	20	15
3	60	20	20
4	55	20	25
5	50	20	30

3.4.2 Pembuatan larutan

2.4.2.1 Pembuatan larutan induk Cr(VI) 50 mg/L dari K_2CrO_4

Padatan K_2CrO_4 ditimbang sebanyak 0,019 g lalu dimasukkan kedalam gelas kimia dan dilarutkan dengan akuades secukupnya. Selanjutnya dipindahkan ke dalam labu takar 100 mL dan ditambah akuades hingga volume 100 mL, larutan dikocok hingga homogen sehingga didapatkan larutan Cr(VI) 50 mg/L.

3.4.2.2 Pembuatan larutan NaOH 0,05 M

Padatan NaOH ditimbang sebanyak 0,2 g lalu dimasukkan kedalam gelas kimia dan dilarutkan dengan akuades secukupnya. Selanjutnya dipindahkan ke dalam labu takar 100 mL dan ditambah

akuaedes hingga volume 100 mL. larutan dikocok hingga homogen sehingga didapatkan larutan NaOH 0,05 M.

3.4.2.3 Pembuatan larutan difenilkarbazida

Padatan difenilkarbazida ditimbang sebanyak 0,25 g lalu dimasukkan kedalam gelas kimia dan dilarutkan dengan aseton secukupnya. Selanjutnya dipindahkan ke dalam labu takar 50 mL dan ditambah aseton:akuaedes 1:1 hingga volume 50 mL. larutan dikocok hingga homogen sehingga didapatkan larutan difenilkarbazida.

3.4.3 Transpor Cr(VI) melalui PIM

3.4.3.1 Pengaruh senyawa pembawa terhadap transpor Cr(VI)

Membran yang dihasilkan dari percobaan 3.4.1.1 dipotong dan dipasang pada O-ring kemudian dijepit diantara fasa umpan dan fasa penerima. Kompartemen fasa penerima diisi dengan larutan K_2CrO_4 50 mg/L pada pH 4 sebanyak 100 mL, dan kompartemen fasa penerima diisi dengan larutan NaOH 0,05 M sebanyak 100 mL. Kedua kompartemen diaduk dengan kecepatan 150 rpm selama 180 menit dan setiap 30 menit diambil 1 mL Larutan Cr(VI) pada fasa umpan dan fasa penerima. Kemudian, konsentrasi Cr(VI) diukur

dengan metode spektrofotometri sinar tampak sesuai prosedur 3.4.4.3. Berdasarkan konsentrasi yang diperoleh ditentukan besarnya konstanta permeabilitas, fluks awal dan efisiensi transpor seperti yang tertera pada sub bab analisa data. Percobaan dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan untuk setiap variabel. Senyawa pembawa yang efektif digunakan untuk transpor Cr(VI) ditentukan dari nilai efisiensi transpor tertinggi. Proses transpor Cr(VI) menggunakan PIM dapat dilihat pada gambar 3.1



Gambar 3.1 : Alat sel difusi untuk transpor Cr(VI)

3.4.3.2 Pengaruh konsentrasi senyawa pembawa terhadap transpor Cr(VI)

Pada percobaan ini digunakan senyawa pembawa yang menghasilkan nilai efisiensi transpor tertinggi dari percobaan 3.4.3.1. Membran yang dihasilkan dari percobaan 3.4.1.2 dipotong dan dipasang pada O-ring kemudian dijepit diantara fasa umpan dan fasa penerima. Kompartemen fasa penerima diisi dengan larutan K_2CrO_4 50 mg/L pada pH 4 sebanyak 100 mL, dan kompartemen fasa penerima diisi dengan larutan NaOH 0,05 M sebanyak 100 mL. Kedua kompartemen diaduk dengan kecepatan 150 rpm selama 180 menit dan setiap 30 menit diambil 1 mL larutan Cr(VI) pada fasa umpan dan fasa penerima. Kemudian, konsentrasi Cr(VI) diukur dengan metode spektrofotometri sinar tampak sesuai prosedur 3.4.4.3. Berdasarkan konsentrasi yang diperoleh ditentukan besarnya konstanta permeabilitas, fluks awal dan efisiensi transpor seperti yang tertera pada sub bab analisa data. Percobaan dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan untuk setiap variabel.

3.4.4 Penentuan konsentrasi Cr(VI) secara spektrofotometri sinar tampak

3.4.4.1 Penentuan panjang gelombang maksimum kompleks difenilkarbazida-Cr(VI)

Larutan Cr(VI) 50 mg/L diambil 0,6 ml dimasukkan ke dalam labu takar 50 mL, ditambahkan 1 mL larutan difenilkarbazida, ditambahkan larutan H₂SO₄ 10% v/v sampai pH 2±0,5 dan ditambah dengan akuades hingga 50 mL. Larutan tersebut kemudian didiamkan selama 5 menit untuk pembentukan kompleks yang optimum. Absorbansi diukur pada panjang gelombang 400-600 nm menggunakan spektrofotometer UV-Vis. Nilai absorbansi yang maksimum pada panjang gelombang tertentu menunjukkan panjang gelombang maksimum.

3.4.4.2 Pembuatan kurva baku standar Cr(VI)

Larutan standar Cr(VI) dengan konsentrasi 0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; dan 1,0 mg/L dibuat dengan mengambil 0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; dan 1,0 mL dari larutan induk Cr(VI) 50 mg/L dengan volume akhir 50mL. Kemudian ditambahkan 1 mL larutan difenilkarbazida, ditambahkan larutan H₂SO₄ 10% v/v sampai pH 2±0,5 dan di tambah akuades hingga 50 mL dalam labu takar 50 mL. Larutan selanjutnya didiamkan selama 5 menit untuk pembentukan kompleks yang optimum. Absorbansi larutan standar diukur pada panjang gelombang maksimum yang diperoleh dari percobaan 3.4.4.1. Kemudian, kurva standar dibuat sebagai hubungan antara absorbansi sebagai sumbu Y terhadap konsentrasi Cr(VI) sebagai sumbu X.

3.4.4.3 Penentuan konsentrasi Cr(VI)

Cuplikan larutan Cr(VI) dari fasa umpan atau fasa penerima diambil sebanyak 1 mL dimasukkan dalam labu takar 50 mL. Pada fasa umpan larutan ditambahkan 1 mL larutan difenilkarbazida, dan H₂SO₄ 10% v/v sampai pH 2±0,5. Pada fasa penerima ditambahkan akuades hingga 20 mL, 1-2 tetes indikator PP dan beberapa tetes

H_2SO_4 0,1 M sampai terjadi perubahan warna dari merah muda menjadi tidak berwarna. Setelah itu ditambahkan 1 mL larutan difenilkarbazida, dan H_2SO_4 10% v/v sampai pH $2 \pm 0,5$. Larutan tersebut kemudian ditambah akuades hingga 50 mL dan didiamkan selama 5 menit agar terjadi perubahan warna secara optimum. Absorbansi larutan diukur pada panjang gelombang maksimum hasil percobaan 3.4.4.1.

3.4.5 Analisis data

Konsentrasi Cr(VI) dihitung berdasarkan persamaan garis lurus yang diperoleh dari kurva standar Cr(VI) hasil percobaan 3.4.4.2. Berdasarkan konsentrasi yang diperoleh ditentukan nilai permeabilitas dengan persamaan rumus (2.6). Perhitungan fluks awal dihitung dengan persamaan rumus (2.9). Sedangkan efisiensi transpor dihitung dengan persamaan rumus (2.10).

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

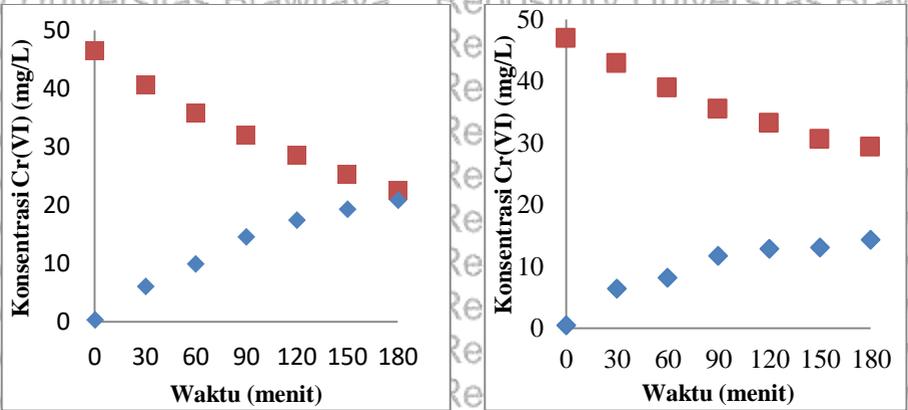
Pada penelitian ini dilakukan transpor Cr(VI) melalui PIM untuk mempelajari pengaruh senyawa pembawa dan konsentrasi senyawa pembawa terhadap efisiensi transpor. Transpor Cr(VI) dilakukan dengan menggunakan sel difusi dimana larutan K_2CrO_4 50 mg/L sebagai fasa umpan dan larutan NaOH 0,05 M sebagai fasa penerima. Transpor Cr(VI) dilakukan selama 180 menit dan setiap 30 menit sampel diambil sebanyak 1 mL pada fasa umpan dan fasa penerima. Absorbansi sampel diukur secara spektrofotometri sinar tampak untuk mengetahui konsentrasi Cr(VI), sehingga dapat diketahui perubahan konsentrasi Cr(VI) di fasa umpan dan fasa penerima.

4.1 Pengaruh Senyawa Pembawa dalam PIM Terhadap Transpor Cr(VI)

Pada penelitian ini, transpor Cr(VI) melalui PIM dilakukan dengan menggunakan senyawa pembawa TOMAC, TOA dan campuran TOMAC dan TOA dengan perbandingan 4:1.

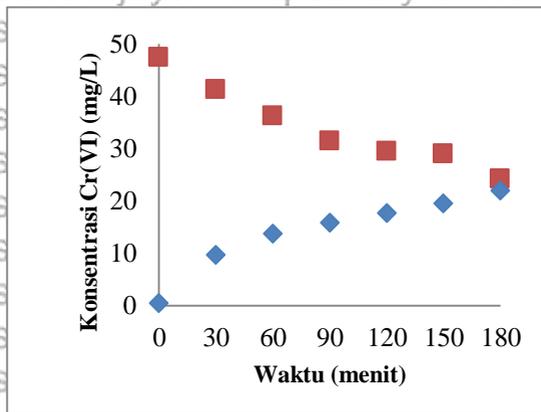
Berdasarkan gambar 4.1 dapat diketahui bahwa terjadi penurunan konsentrasi Cr(VI) pada fasa umpan, sedangkan pada fasa penerima terjadi peningkatan konsentrasi Cr(VI). Hal ini menunjukkan bahwa Cr(VI) berdifusi dari fasa umpan menuju fasa penerima melewati membran PIM. PIM dengan senyawa pembawa TOA mengalami penurunan konsentrasi Cr(VI) di fasa umpan yang tidak sebanding dengan kenaikan konsentrasi Cr(VI) di fasa penerima. Hal ini dapat disebabkan karena membran dengan senyawa pembawa TOA bersifat hidrofobik sehingga menghalangi kontak antar muka fasa membran dengan larutan pada fasa umpan dan fasa penerima. Akibatnya, kemampuan senyawa pembawa dalam mentranspor Cr(VI) menuju fasa penerima berkurang. PIM dengan

senyawa pembawa TOMAC dan TOMAC-TOA mencapai kesetimbangan pada menit ke 180.



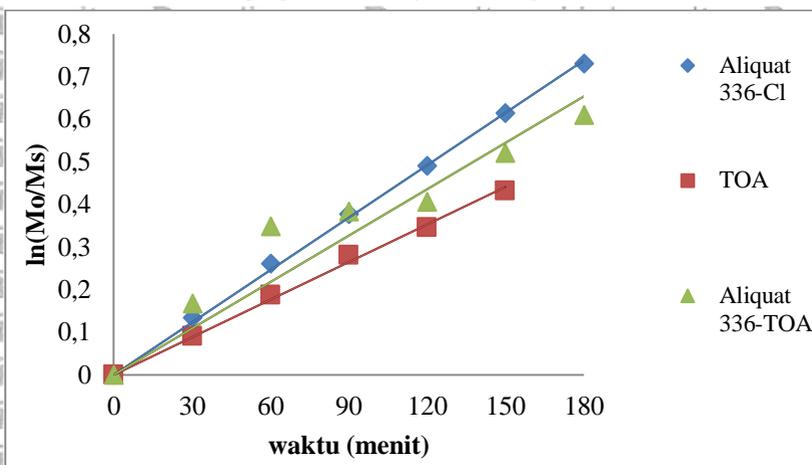
(a)

(b)



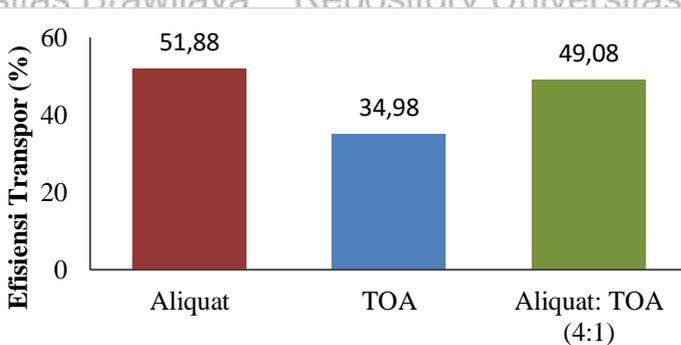
(c)

Gambar 4.1 Perubahan konsentrasi Cr(VI) pada fasa umpan (merah) dan fasa penerima (biru) melalui PIM dengan senyawa pembawa (a) TOMAC, (b) TOA dan (c) TOMAC-TOA



Gambar 4.2 Grafik hubungan antara $\ln([M_0]/[M_s])$ dengan waktu menggunakan PIM dengan senyawa pembawa TOMAC, TOA dan TOMAC-TOA

Berdasarkan persamaan garis grafik hubungan antara $\ln([M_0]/[M_s])$ dengan waktu pada gambar 4.2, didapatkan nilai kemiringan garis linier yang digunakan untuk menghitung nilai permeabilitas sedangkan nilai fluks awal diperoleh dengan cara mengkalikan nilai permeabilitas dengan konsentrasi awal Cr(VI) pada fasa umpan (contoh perhitungan terdapat di Lampiran D).



Gambar 4.3 Perbandingan nilai efisiensi transport

Dari gambar 4.3 dapat dilihat bahwa efisiensi transpor Cr(VI) tertinggi yaitu pada membran PIM dengan senyawa pembawa TOMAC, yaitu sebesar 51,88%. Efisiensi transpor menunjukkan banyaknya ion target yang tertranspor ke fasa penerima. Nilai efisiensi transpor ditentukan dari perbandingan antara selisih konsentrasi awal ion target dan konsentrasi ion target pada waktu kesetimbangan di fasa umpan dengan konsentrasi awal ion target di fasa umpan. Tingginya nilai efisiensi transpor pada membran PIM dengan senyawa pembawa TOMAC disebabkan oleh pertukaran Cl⁻ dalam TOMAC dengan HCrO₄⁻ di fasa umpan lebih mudah terjadi dibandingkan pembentukan kompleks [TOAH]HCrO₄.

Mekanisme transpor Cr(VI) menggunakan TOMAC dimulai dengan penggantian Cl⁻ dan OH⁻ oleh HCrO₄⁻ pada antarmuka fasa umpan dan fasa membran. Pertukaran ion terjadi karena ukuran ion HCrO₄⁻ yang lebih besar dari pada Cl⁻ dan OH⁻. Di fasa membran senyawa pembawa membentuk kompleks TOMAC-HCrO₄. Kompleks yang terbentuk berdifusi melewati membran. Perbedaan konsentrasi OH⁻ antara fasa umpan dan fasa penerima merupakan gaya dorong untuk transportasi Cr(VI) melalui membran. Di antarmuka fasa membran dan fasa penerima, senyawa pembawa melepaskan HCrO₄⁻ ke fasa penerima karena konsentrasi di fasa penerima yang lebih besar. Sedangkan proses transpor Cr(VI) dengan senyawa pembawa TOA dimulai dengan terbentuknya TOAH yang bermuatan positif yang selanjutnya membentuk kompleks [TOAH]HCrO₄. Kompleks yang dihasilkan selanjutnya berdifusi ke antarmuka fasa membran dan fasa penerima. Adanya gradien konsentrasi yang lebih besar di fasa penerima yaitu NaOH menyebabkan ion HCrO₄⁻ dapat lepas menuju fasa penerima dan berikatan dengan ion natrium membentuk NaHCrO₄. Selain itu, kondisi fasa umpan yang asam (pH 4) belum cukup mengubah amina tersier (TOA) menjadi amonium kuartener sehingga hanya sebagian gugus aktif dalam TOA yang dapat membentuk kompleks dengan ion HCrO₄⁻. Akibatnya, transpor Cr(VI) melalui PIM TOA lebih

rendah daripada transpor Cr(VI) melalui PIM TOMAC dan TOMAC-TOA.

Transpor Cr(VI) melalui PIM TOMAC-TOA menghasilkan nilai efisiensi transpor yang lebih besar daripada PIM TOA. Hal ini disebabkan karena TOA akan menempati daerah koordinasi logam yang kosong sehingga dapat meningkatkan kekuatan difusi jika dibandingkan dengan menggunakan senyawa pembawa TOA saja. Nilai efisiensi transpor Cr(VI) dengan PIM TOMAC-TOA lebih rendah daripada dengan PIM TOMAC, hal ini disebabkan karena morfologi membran yang berminyak dapat menghalangi kontak antara fasa membran dengan fasa umpan dan fasa penerima.

Tabel 4.1 Nilai permeabilitas, fluks awal dan efisiensi transpor PIM dengan berbagai senyawa pembawa

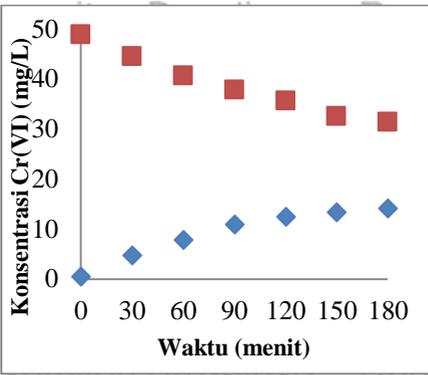
Senyawa Pembawa	TOMAC	TOA	TOMAC-TOA
Slope	0,0041	0,0029	0,0036
Volume (mL)	1,00		
Luas Permukaan Membran (cm ²)	15,904		
Permeabilitas (×10 ⁻⁴ mL/min.cm ²)	2,58	1,82	2,26
Fluks Awal (×10 ⁻² mg/min.cm ²)	1,29	0,91	1,13
Efisiensi Transpor (%)	51, 88	34, 99	49, 08

4.2 Pengaruh Konsentrasi Senyawa Pembawa melalui PIM Terhadap Transpor Cr(VI)

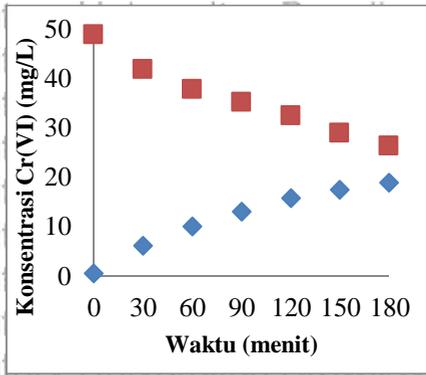
Membran PIM yang digunakan untuk transpor Cr(VI) memberikan hasil yang optimum dengan senyawa pembawa TOMAC. Selanjutnya ditentukan konsentrasi TOMAC yang memberikan hasil optimum untuk transpor Cr(VI). Pada penelitian ini TOMAC divariasikan pada konsentrasi 10%, 15%, 20%, 25% dan 30% (w/w).

Penurunan konsentrasi Cr(VI) di fasa umpan dan peningkatan konsentrasi Cr(VI) di fasa penerima pada menit awal hingga menit 180 untuk masing-masing komposisi TOMAC ditunjukkan pada gambar 4.4. Berdasarkan gambar 4.4, pada konsentrasi 10%w/w dan 15% w/w penurunan konsentrasi Cr(VI) di fasa umpan tidak sebanding dengan kenaikan konsentrasi Cr(VI) di fasa penerima. Hal ini disebabkan karena semakin rendah konsentrasi TOMAC maka sedikit kompleks TOMAC-Cr(VI) yang terbentuk, sehingga hanya sedikit Cr(VI) yang tertranspor ke fasa penerima. Pada konsentrasi 20%w/w mencapai kesetimbangan pada menit ke 180 sedangkan pada konsentrasi 25% w/w dan 30% w/w mencapai kesetimbangan pada menit ke 150. Konsentrasi senyawa pembawa yang semakin besar menyebabkan semakin banyak Cr(VI) yang tertranspor ke fasa penerima sehingga kesetimbangan lebih cepat terjadi.

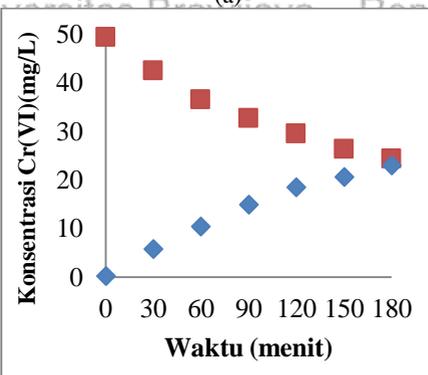
Berdasarkan persamaan garis grafik hubungan antara $\ln([M_0]/[M_t])$ dengan waktu pada gambar 4.2, didapatkan nilai kemiringan garis linier yang digunakan untuk menghitung nilai permeabilitas, sedangkan nilai fluks awal diperoleh dengan cara mengkalikan nilai permeabilitas dengan konsentrasi awal Cr(VI) pada fasa umpan. Efisiensi transpor menunjukkan banyaknya ion target yang tertranspor ke fasa penerima. Nilai efisiensi transpor ditentukan dari perbandingan antara selisih konsentrasi awal ion target dan konsentrasi ion target pada waktu kesetimbangan di fasa umpan dengan konsentrasi awal ion target di fasa umpan.



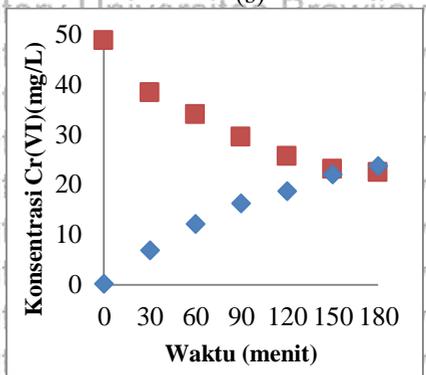
(a)



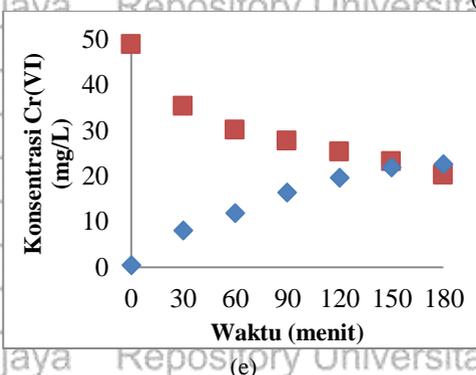
(b)



(c)

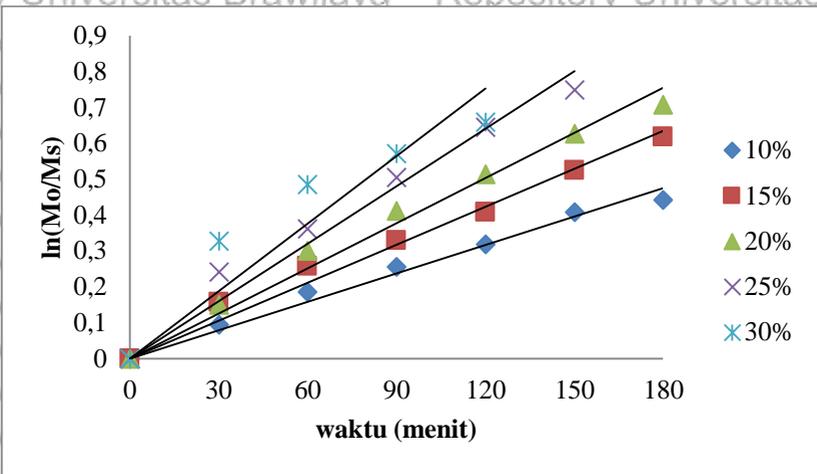


(d)

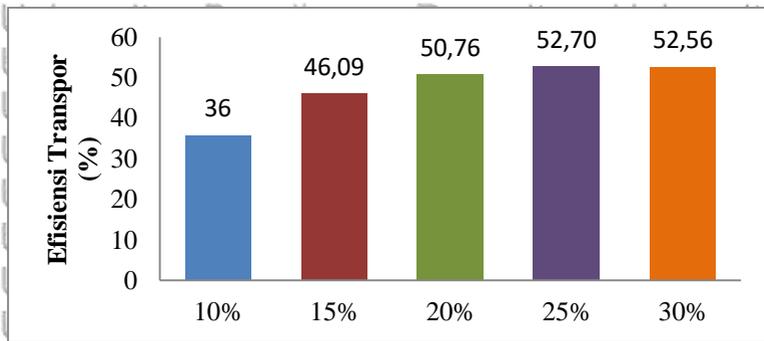


(e)

Gambar 4.4 Perubahan konsentrasi Cr(VI) pada fasa umpan (merah) dan fasa penerima (biru) melalui PIM TOMAC dengan konsentrasi: (a) 10% (b) 15% (c) 20% (d) 25% (e) 30% (w/w)



Gambar 4.5 Grafik hubungan antara $\ln([M_0]/[M_s])$ dengan waktu menggunakan PIM TOMAC dengan konsentrasi: 10%, 15%, 20%, 25%, 30% (w/w).



Gambar 4.6 Perbandingan nilai efisiensi transpor

Tabel 4.2 menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi senyawa pembawa maka semakin tinggi nilai permeabilitas dan fluks awal. Namun, pada konsentrasi 30% efisiensi transpor mengalami penurunan. Hasil uji BNT (lampiran D.6.1) menunjukkan bahwa efisiensi transpor TOMAC 20%, 25% dan 30% w/w tidak berbeda secara signifikan. Uji BNT pada fluks awal menunjukkan bahwa

Aliquat 25% w/w tidak berbeda secara signifikan dengan Aliquat 10%, 15%, 20%, dan 30% w/w. Berdasarkan pengolahan data tersebut konsentrasi senyawa pembawa yang efektif adalah TOMAC 25% w/w karena memiliki nilai efisiensi transpor yang optimum yaitu sebesar 52,70%. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi konsentrasi senyawa pembawa maka semakin banyak HCrO_4^- yang tertranspor ke fasa penerima. Selain itu, semakin besar konsentrasi senyawa pembawa didapatkan membran yang semakin elastis karena senyawa pembawa TOMAC juga dapat berfungsi sebagai pemlastis. Elastisitas yang tinggi membuat membran bersifat hidrofilik sehingga interaksi antara HCrO_4^- dengan senyawa pembawa lebih mudah terjadi. Akibatnya, transpor Cr(VI) lebih cepat. Menurut Gherasim, semakin meningkat konsentrasi senyawa pembawa maka meningkat pula kapasitas ekstraksi membran [4].

Tabel 4.2 Nilai permeabilitas, fluks awal dan efisiensi transpor PIM dengan variasi konsentrasi senyawa pembawa

Konsentrasi Senyawa Pembawa (% w/w)	10%	15%	20%	25%	30%
Slope	0,0026	0,0035	0,0042	0,0053	0,0063
Volume (mL)	1,00				
Luas Permukaan Membran (cm^2)	15,904				
Permeabilitas ($\times 10^{-4} \text{ mL/min.cm}^2$)	1,64	2,20	2,64	3,33	3,96
Fluks Awal ($\times 10^{-2} \text{ mg/min.cm}^2$)	0,82	1,10	1,32	1,67	1,98
Efisiensi Transpor (%)	36,00	46,09	50,76	52,70	52,58

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Hasil penelitian Pengaruh Jenis dan Konsentrasi Senyawa Pembawa dalam PIM terhadap Transpor Cr(VI) dapat disimpulkan bahwa:

1. Transpor Cr(VI) melalui PIM dipengaruhi oleh senyawa pembawa. Senyawa pembawa TOMAC lebih efektif daripada senyawa pembawa TOA atau campuran TOMAC dan TOA dengan perbandingan 4:1. Senyawa pembawa yang memberikan hasil optimum adalah TOMAC dengan nilai efisiensi transpor sebesar 51,88%.
2. Semakin tinggi konsentrasi TOMAC maka nilai efisiensi transpor Cr(VI) semakin tinggi. Konsentrasi TOMAC yang memberikan hasil optimum adalah 25% (w/w) dengan nilai efisiensi transpor sebesar 52,70%.

5.2 Saran

Sebaiknya pembuatan PIM dengan senyawa pembawa TOA dilakukan dengan cara TOA diasamkan terlebih dahulu sebelum ditambahkan ke dalam campuran polimer dasar dan pemlastis.

DAFTAR PUSTAKA

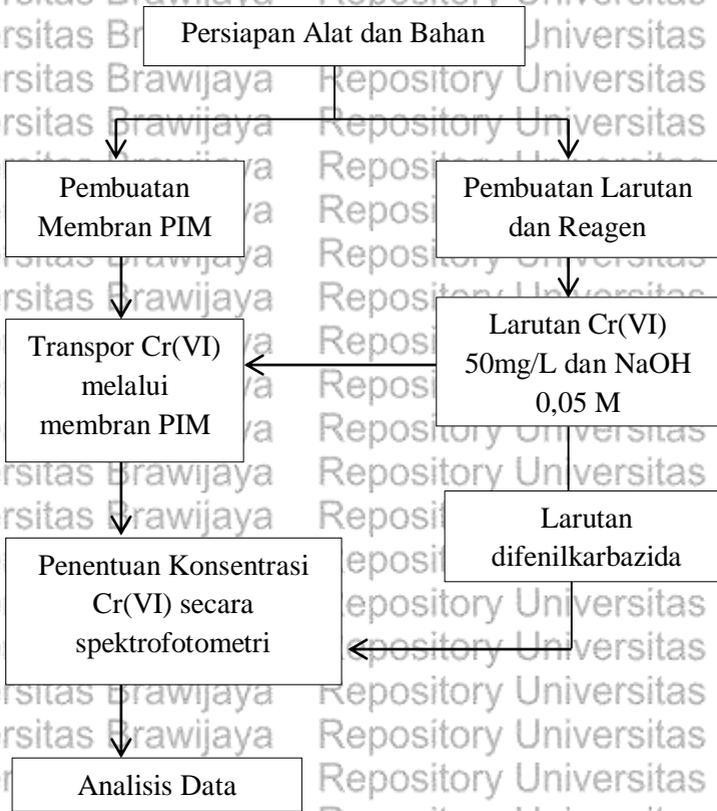
- [1]J. Resti, 2003, **Adsorption of Cr(VI) on Black Water**, *Indonesian Journal of Chemistry*, 3(3), 169-175.
- [2]M. C. Djunaidi, Khabibi, R. Nurfitriana, 2017, **Separation of Chrom (IV) from Electroplating Waste Using Polymer Inclusion Membrane (PIM) Method**, *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, 13(1), 119-132.
- [3]S. Kristianto, S. Wilujeng, D. Wahyudiarto, 2017, **Analisis Logam Berat Kromium (Cr) pada Kali Pelayaran sebagai Bentuk Upaya Penanggulangan Pencemaran Lingkungan Di Wilayah Sidoarjo**, *Jurnal Biota*, 3(2).
- [4]C. V. Gherasim, G. Bourceanu, R. I. Olariu, C. Arsene, 2011, **A Novel Polymer Inclusion Membrane Applied in Chromium (VI) Separation from Aqueous Solutions**, *Journal of Hazardous Materials*, 197, 244-253.
- [5]C. Kozłowski, W. Apostoluk, W. Walkowiak, A. Kita, 2002, **Removal of Cr(VI), Zn(II), and Cd(II) Ions by Transport Membranes with Basic Ion Carrier**, *Physicochemical Problems of Mineral Processing*, 36, 115-122.
- [6]K. N. Ulfia, Khabibi, M. C. Djunaidi, 2011, **Recovery Logam Krom(VI) Menggunakan Polymer Inclusion Membrane (PIM) dengan senyawa pembawa TOMAC, Topo dan Campuran TOMAC-Topo**, *Jurnal Kimia Sains & Aplikasi*, 14(3), hlm.77-88.
- [7]L. D. Nghiem, P. Mornane, I. D. Potter, J. M. Perera, R. W. Cattrall, S. D. Kolev, 2006, **Extraction and Transport of Metal Ions and Small Organic Compounds Using Polymer Inclusion (PIMs)**, *Journal of Membrane Science*, 281, 7-41.
- [8]J. Namiesnik, B. Zabiegala, A. K. W. M. Partyka, A. Wasik, 2005, **Passive sampling and/or Extraction Techniques in Environmental analysis: a review**, *Anal. Bioanal. Chem.*, 381, 279-301.

- [9]R. I. Handayani, N. K. Dewi, B. Priyono, 2014, **Akumulasi Kromium (Cr) Pada Daging Ikan Merah (*Oreochromis ssp*) dalam Karamba Jaring Apung di Sungai Winongo Yogyakarta**, *Jurnal MIPA*, 37(2), 123-129.
- [10]K. K. Onchoke, 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)**, *Research Article*.
- [11]O. Kebiche-Senhadjji, S. Tingry, P. Seta, M. Benamor, 2010, **Selective Extraction of Cr(VI) over Metallic Spesies by Polymer Inclusion Membrane (PIM) using Anion (TOMAC) as Senyawa pembawa**, *Desalination*, 258, 59-65.
- [12]Y.M. Scindia, A.K. Pandey, A.V.R. Reddy, 2005, **Coupled-Diffusion Transport of Cr(VI) Across Anion-exchange Membranes Prepared by Physical and Chemical Immobilization Methods**, *J. Membr. Sci.*, 24, 143-152.
- [13]C.A. Kozlowski, W. Walkowiak, 2005, **Applicability of Liquid Membranes in Chromium(VI) Transport with Amines as Ion Carriers**, *J. Membr. Sci.*, 266, 143-150.
- [14]M. I. G. S. Almeida, R. W. Cattrall, dan S. D. Kolev, 2017, **Polymer Inclusion Membranes (PIMs) in Chemical Analysis-A Review**, *Analytical Chimica Acta*, 1-14.
- [15]C.A. Kozlowski, W. Walkowiak, W. Pellowski, J. Koziol, 2002, **Competitive Transport of Toxic Metal Ions by Polymer Inclusion Membranes**, *J. Radioanal. Nucl. Chem*, 253, 389-394.
- [16]F. Nitti, M. I. G. S. Almeida, R. Morrison, R. W. Cattral, V. J. Pettigrove, R. A. Coleman, S. D. Kolev, 2018, **Development of a Portable 3D-printed Flow-through Passive Sampling Device Free of Flow Pattern Effects**, *Microc.*

- [17]J. Eljaddi, L. Lebrun, M. Hlaïbi, 2017, **Review on Mechanism of Facilitated Transport on Liquid Membranes**, *Journal of Membrane Science and Research*, 3, 199-208.
- [18]R. A. Kumbasar, 2008, **Selective Separation of Chromium(VI) from Acidic Solutions Containing Various Metal Ions Through Emulsion Liquid Membrane Using Trioctylamine as Extractant**, *Separation and Purification Technology*, 64, 56-62.
- [19]B. C. Bhatta, N. Pandan, M. Sujata, 2013, **Extraction of Zn(IV) from Hydrochloric Acid with Tri-ocylamine and Cyanx 921 in Kerosine**, *Minerals, Metallurgy and Materials*, 20, 23.
- [20]Uslu, 2013, **Extraction of Gibberellic Acid from Aqueous Solution by Trioctyl Amine (TOA)**, *Separation Science and Technology*, 48, 487–492.
- [21]C. Onac , H. K. Alpoguz , E. Akceylan, M. Yilmaz, 2013, **Facilitated Transport of Cr(VI) through Polymer Inclusion Membrane System Containing Calix[4]arene Derivative as Carrier Agent**, *Journal of Macromolecular Science, Part A: Pure and Applied Chemistry*, 50, 1013-1021.

LAMPIRAN

Lampiran A. Diagram Alir Penelitian



Lampiran B. Perhitungan Pembuatan Larutan

B.1 Larutan Cr(VI)

B.1.1 Larutan Induk Cr(VI) 50 mg/L

Larutan Cr(VI) dibuat dari 100 mL sebanyak 50 mg, maka padatan K_2CrO_4 yang diperlukan sebanyak,

$$\text{massa } K_2CrO_4 = \frac{Mr K_2CrO_4}{Mr Cr} \times \text{massa Cr(VI)}$$

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

$$\text{massa } K_2CrO_4 = 18,65 \text{ mg} = 0,019 \text{ g}$$

B.1.2 Larutan Cr(VI) 0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; dan 1,0 mg/L

Larutan Cr(VI) 50 mg/L digunakan untuk membuat standar konsentrasi 0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; dan 1,0 mg/L menggunakan perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Volume larutan Cr(VI)} = \frac{50 \text{ ml} \times \text{konsentrasi}}{\text{konsentrasi larutan stok}}$$

$$\text{Volume larutan Cr(VI)} = \frac{50 \text{ ml} \times 0,2 \text{ mg/L}}{50 \text{ mg/L}}$$

$$\text{Volume larutan Cr(VI)} = 0,2 \text{ mL}$$

Tabel B.1: Pembuatan larutan standar Cr(VI) untuk kurva baku ion Cr(VI)

Konsentrasi ion tiosianat (mg/L)		Volume yang dibutuhkan (mL)	
Awal	Akhir	Awal	Akhir
50	0,2	0,2	50
50	0,4	0,4	50
50	0,6	0,6	50
50	0,8	0,8	50
50	1,0	1,0	50

B.2 Larutan NaOH 0,05 M

Larutan NaOH 1 M sebanyak 100 mL dibuat dari padatan NaOH

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

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

B.3 Pembuatan PIM

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

- 70% PVC = $\frac{70}{100} \times 150 \text{ mg} = 105 \text{ mg} = 0,105 \text{ g}$
- 65% PVC = $\frac{65}{100} \times 150 \text{ mg} = 97,5 \text{ mg} = 0,098 \text{ g}$
- 60% PVC = $\frac{60}{100} \times 150 \text{ mg} = 90 \text{ mg} = 0,090 \text{ g}$
- 55% PVC = $\frac{55}{100} \times 150 \text{ mg} = 82,5 \text{ mg} = 0,083 \text{ g}$
- 50% PVC = $\frac{50}{100} \times 150 \text{ mg} = 75 \text{ mg} = 0,075 \text{ g}$

- 10 % TOMAC – CI = $\frac{10}{100} \times 150 \text{ mg} = 15 \text{ mg} = 0,015 \text{ g}$

$$\rho = \frac{\text{massa TOMAC – CI}}{\text{Volume TOMAC – CI}}$$

$$0,884 \frac{\text{g}}{\text{mL}} = \frac{0,015 \text{ g}}{\text{Volume TOMAC – CI}} = 17 \text{ L}$$

Volume TOMAC yang dibutuhkan sebanyak 17 μL

- 15 % TOMAC – CI = $\frac{15}{100} \times 150 \text{ mg} = 22,5 \text{ mg} = 0,023 \text{ g}$

$$\rho = \frac{\text{massa TOMAC – CI}}{\text{Volume TOMAC – CI}}$$

$$0,884 \frac{\text{g}}{\text{mL}} = \frac{0,0225 \text{ g}}{\text{Volume TOMAC – CI}} = 25,5 \mu\text{L}$$

Volume TOMAC yang dibutuhkan sebanyak 25,5 μL

- 20 % TOMAC – CI = $\frac{20}{100} \times 150 \text{ mg} = 30 \text{ mg} = 0,030 \text{ g}$

$$\rho = \frac{\text{massa TOMAC – CI}}{\text{Volume TOMAC – CI}}$$

$$0,884 \frac{\text{g}}{\text{mL}} = \frac{0,030 \text{ g}}{\text{Volume TOMAC – CI}} = 34 \mu\text{L}$$

Volume TOMAC yang dibutuhkan sebanyak 34 μL

- 25 % TOMAC – CI = $\frac{25}{100} \times 150 \text{ mg} = 37,5 \text{ mg} = 0,038 \text{ g}$

$$\rho = \frac{\text{massa TOMAC – CI}}{\text{Volume TOMAC – CI}}$$

$$0,884 \frac{\text{g}}{\text{mL}} = \frac{0,038 \text{ g}}{\text{Volume TOMAC – CI}} = 42 \mu\text{L}$$

Volume TOMAC yang dibutuhkan sebanyak 42 μL

- 30 % TOMAC – CI = $\frac{30}{100} \times 150 \text{ mg} = 45 \text{ mg} = 0,045 \text{ g}$

$$\rho = \frac{\text{massa TOMAC - Cl}}{\text{Volume TOMAC - Cl}}$$

$$0,884 \frac{\text{g}}{\text{mL}} = \frac{0,045 \text{ g}}{\text{Volume TOMAC - Cl}} = 51 \mu\text{L}$$

Volume TOMAC yang dibutuhkan sebanyak 51 μL

- 20 % TOA = $\frac{20}{100} \times 150\text{mg} = 30 \text{ mg} = 0,030 \text{ g}$

$$\rho = \frac{\text{massa TOA}}{\text{Volume TOA}}$$

$$0,809 \frac{\text{g}}{\text{mL}} = \frac{0,030 \text{ g}}{\text{Volume TOA}} = 37 \mu\text{L}$$

Volume TOA yang dibutuhkan sebanyak 37 μL

- 20% TOMAC - TOA = $\frac{20}{100} \times 150 \text{ mg} = 30 \text{ mg} = 0,030 \text{ g}$

$$\text{TOMAC - Cl} = \frac{4}{5} \times 0,030 \text{ g} = 0,024\text{g}$$

$$\rho = \frac{\text{massa TOMAC - Cl}}{\text{Volume TOMAC - Cl}}$$

$$0,884 \frac{\text{g}}{\text{mL}} = \frac{0,024 \text{ g}}{\text{Volume TOMAC - Cl}} = 27 \mu\text{L}$$

Volume TOMAC yang dibutuhkan sebanyak 27 μL

$$\text{TOA} = \frac{1}{5} \times 0,030 \text{ g} = 0,006 \text{ g}$$

$$\rho = \frac{\text{massa TOA}}{\text{Volume TOA}}$$

$$0,809 \frac{\text{g}}{\text{mL}} = \frac{0,006 \text{ g}}{\text{Volume TOA}} = 7,4 \mu\text{L}$$

Volume TOA yang dibutuhkan sebanyak 7,4 μL

- 20 % DOP = $\frac{10}{100} \times 150 \text{ mg} = 15 \text{ mg} = 0,015 \text{ g}$

$$\rho_{\text{DOP}} = \frac{\text{massa}}{\text{Volume}}$$

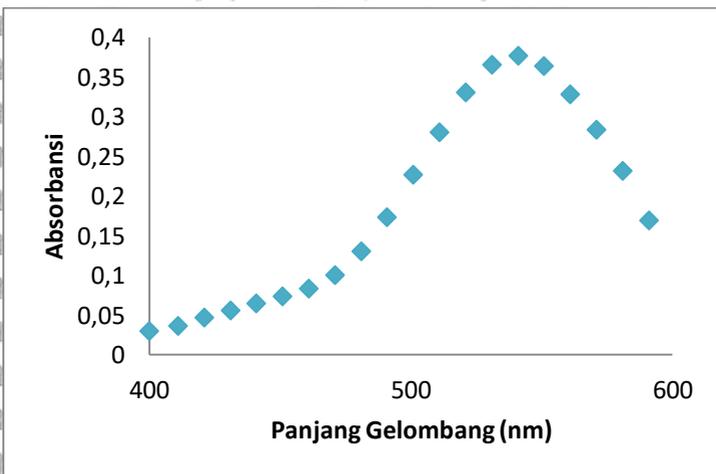
$$0,986 \text{ g/mL} = \frac{0,015}{\text{Volume DOP}} = 15 \mu\text{L}$$

Volume DOP yang dibutuhkan sebanyak 15 μ L

Lampiran C. Data Hasil Penelitian

C.1 Penentuan Panjang Gelombang Maksimum

Berdasarkan hasil scanning panjang gelombang maksimum menggunakan spektrofotometer UV-Vis Shimadzu model UV mini-1240 dengan rentang 400-600 nm, didapatkan panjang gelombang maksimum yaitu 541 nm dengan nilai absorbansi 0.377.



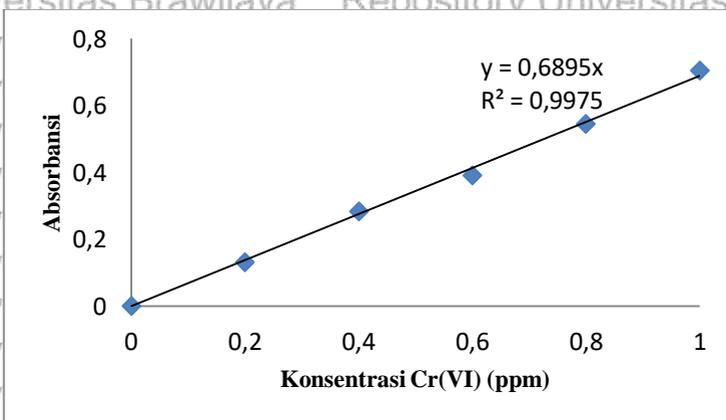
Gambar C.1 Hasil scanning panjang gelombang maksimum

C.2 Pengaruh Senyawa Pembawa

C.2.1 Kurva baku Cr(VI)

Tabel C.1 Konsentrasi dan Absorbansi Cr(VI)

Konsentrasi Cr(VI) (ppm)	Absorbansi
0	0
0,2	0,131
0,4	0,284
0,6	0,392
0,8	0,546
1	0,705



Gambar C.2 Grafik kurva baku



C.2.2 Data hasil transpor Cr(VI)

Tabel C.2 Konsentrasi Hasil Transpor Cr(VI) pada variasi jenis senyawa pembawa

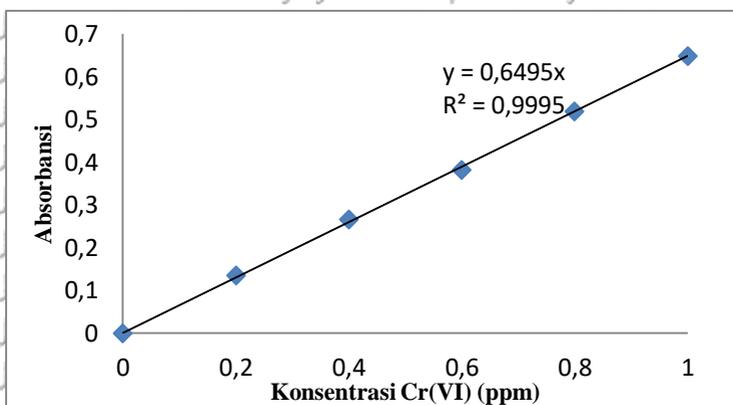
Waktu (menit)	Fasa Umpam			Fasa Penerima		
	TOMAC	TOA	TOMAC-TOA	TOMAC	TOA	TOMAC-TOA
	C	C	C	C	C	C
0	46,41	46,85	47,43	0,22	0,36	0,44
30	40,61	42,79	41,26	5,95	6,31	9,72
60	35,75	38,87	36,19	9,86	8,12	13,78
90	31,84	35,39	31,40	14,50	11,68	15,81
120	28,43	33,14	29,51	17,33	12,84	17,69
150	25,09	30,46	28,93	19,22	12,98	19,51
180	22,34	29,22	24,15	20,74	14,29	21,97

C.3 Pengaruh Variasi Konsentrasi Senyawa Pembawa

C.3.1 Kurva baku Cr(VI)

Tabel C.3 Konsentrasi dan Absorbansi Cr(VI)

Konsentrasi Cr(VI) (ppm)	Absorbansi
0	0
0,2	0,135
0,4	0,267
0,6	0,382
0,8	0,520
1	0,650



Gambar C.3 Grafik kurva baku

**C.3.2 Data hasil transpor Cr(VI)****C.4 Konsentrasi Hasil transpor Cr(VI) pada variasi konsentrasi TOMAC**

Waktu (menit)	Fasa Umpan					Fasa Penerima				
	10%	15%	20%	25%	30%	10%	15%	20%	25%	30%
	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
0	48,94	48,94	49,40	48,82	48,73	0,41	0,59	0,23	0,28	0,36
30	44,50	41,80	42,49	38,34	35,13	4,67	6,13	5,88	6,90	7,96
60	40,65	37,85	36,59	34,00	30,00	7,80	10,06	10,52	12,19	11,83
90	37,88	35,23	32,72	29,46	27,53	10,83	13,09	14,93	16,24	16,32
120	35,59	32,51	29,54	25,64	24,87	12,47	15,83	18,53	18,68	19,53
150	32,51	28,95	26,38	23,09	23,11	13,37	17,48	20,68	21,99	21,76
180	31,43	26,38	24,33	22,40	20,12	14,06	18,96	22,99	23,71	22,50

Lampiran D. Perhitungan Data

D.1 Permeabilitas Membran PIM dengan Jenis Senyawa

Pembawa

a. TOMAC

$$P = \text{slope} \cdot \frac{v}{A} = 0,0041 \times \frac{1 \text{ ml}}{15,904 \text{ cm}^2} = 2,58 \times 10^{-4} (\text{mL}/\text{min} \cdot \text{cm}^2)$$

b. TOA

$$P = \text{slope} \cdot \frac{v}{A} = 0,0029 \times \frac{1 \text{ ml}}{15,904 \text{ cm}^2} = 1,82 \times 10^{-4} (\text{mL}/\text{min} \cdot \text{cm}^2)$$

c. TOMAC-TOA

$$P = \text{slope} \cdot \frac{v}{A} = 0,0036 \times \frac{1 \text{ ml}}{15,904 \text{ cm}^2} = 2,26 \times 10^{-4} (\text{mL}/\text{min} \cdot \text{cm}^2)$$

D.2 Fluks Awal PIM dengan Jenis Senyawa Pembawa

a. TOMAC

$$J = P[M]_0 = 2,58 \times 10^{-4} \times 50 = 1,29 \times 10^{-2} (\text{mg}/\text{min} \cdot \text{cm}^2)$$

b. TOA

$$J = P[M]_0 = 1,82 \times 10^{-4} \times 50 = 0,91 \times 10^{-2} (\text{mg}/\text{min} \cdot \text{cm}^2)$$

c. TOMAC-TOA

$$J = P[M]_0 = 2,26 \times 10^{-4} \times 50 = 1,13 \times 10^{-2} (\text{mg}/\text{min} \cdot \text{cm}^2)$$

D.3 Efisiensi Transpor PIM dengan Jenis Senyawa Pembawa

a. TOMAC

$$\%TE = \frac{[M]_{fu,0} - [M]_{fu,t}}{[M]_{fu,0}} \times 100\% = \frac{(46,41 - 22,34) \text{ mg/L}}{50,62 \text{ mg/L}} \times 100\% = 51,88\%$$

b. TOA

$$\%TE = \frac{[M]_{fu,0} - [M]_{fu,t}}{[M]_{fu,0}} \times 100\% = \frac{(46,85 - 30,46) \text{ mg/L}}{46,85 \text{ mg/L}} \times 100\% = 34,99\%$$

c. TOMAC-TOA

$$\%TE = \frac{[M]_{fu,0} - [M]_{fu,t}}{[M]_{fu,0}} \times 100\% = \frac{(47,43 - 24,15) \text{ mg/L}}{47,43 \text{ mg/L}} \times 100\% = 49,08\%$$

D.4 Permeabilitas Membran PIM dengan Variasi Konsentrasi

TOMAC

a. 10%

$$P = \text{slope} \cdot \frac{V}{A} = 0,0026 \times \frac{1 \text{ ml}}{15,904 \text{ cm}^2} = 1,64 \times 10^{-4} (\text{mL}/\text{min} \cdot \text{cm}^2)$$

b. 15%

$$P = \text{slope} \cdot \frac{V}{A} = 0,0035 \times \frac{1 \text{ ml}}{15,904 \text{ cm}^2} = 2,20 \times 10^{-4} (\text{mL}/\text{min} \cdot \text{cm}^2)$$

c. 20%

$$P = \text{slope} \cdot \frac{V}{A} = 0,0042 \times \frac{1 \text{ ml}}{15,904 \text{ cm}^2} = 2,64 \times 10^{-4} (\text{mL}/\text{min} \cdot \text{cm}^2)$$

d. 25%

$$P = \text{slope} \cdot \frac{V}{A} = 0,0053 \times \frac{1 \text{ ml}}{15,904 \text{ cm}^2} = 3,33 \times 10^{-4} (\text{mL}/\text{min} \cdot \text{cm}^2)$$

e. 30%

$$P = \text{slope} \cdot \frac{V}{A} = 0,0063 \times \frac{1 \text{ ml}}{15,904 \text{ cm}^2} = 3,96 \times 10^{-4} (\text{mL}/\text{min} \cdot \text{cm}^2)$$

D.5 Fluks Awal PIM dengan Variasi Konsentrasi TOMAC

a. 10%

$$J = P[M]_0 = 1,64 \times 10^{-4} \times 50 = 0,82 \times 10^{-2} (\text{mg}/\text{min} \cdot \text{cm}^2)$$

b. 15%

$$J = P[M]_0 = 2,20 \times 10^{-4} \times 50 = 1,10 \times 10^{-2} (\text{mg}/\text{min} \cdot \text{cm}^2)$$

c. 20%

$$J = P[M]_0 = 2,64 \times 10^{-4} \times 50 = 1,32 \times 10^{-2} (\text{mg}/\text{min} \cdot \text{cm}^2)$$

d. 25%

$$J = P[M]_0 = 3,33 \times 10^{-4} \times 50 = 1,67 \times 10^{-2} (\text{mg}/\text{min} \cdot \text{cm}^2)$$

e. 30%

$$J = P[M]_0 = 3,96 \times 10^{-4} \times 50 = 1,98 \times 10^{-2} (\text{mg}/\text{min} \cdot \text{cm}^2)$$

D.6 Efisiensi Transpor PIM dengan Variasi Konsentrasi

TOMAC

a. 10%

$$\%TE = \frac{[M]_{fu,0} - [M]_{fu,t}}{[M]_{fu,0}} \times 100\% = \frac{(48,94 - 31,43) \text{ mg/L}}{48,94 \text{ mg/L}} \times 100\% = 35,76\%$$

b. 15%

$$\%TE = \frac{[M]_{fu,0} - [M]_{fu,t}}{[M]_{fu,0}} \times 100\% = \frac{(48,94 - 26,38) \text{ mg/L}}{48,94 \text{ mg/L}} \times 100\% = 46,09\%$$

c. 20%

$$\%TE = \frac{[M]_{fu,0} - [M]_{fu,t}}{[M]_{fu,0}} \times 100\% = \frac{(49,40 - 24,33) \text{ mg/L}}{49,40 \text{ mg/L}} \times 100\% = 50,75\%$$

c. 25%

$$\%TE = \frac{[M]_{fu,0} - [M]_{fu,t}}{[M]_{fu,0}} \times 100\% = \frac{(48,82 - 23,09) \text{ mg/L}}{48,82 \text{ mg/L}} \times 100\% = 52,70\%$$

c. 30%

$$\%TE = \frac{[M]_{fu,0} - [M]_{fu,t}}{[M]_{fu,0}} \times 100\% = \frac{(48,73 - 23,11) \text{ mg/L}}{48,73 \text{ mg/L}} \times 100\% = 52,58\%$$

D.7 Uji BNT

D.7.1 Uji BNT pada Fluks Awal dan Efisiensi transpor

TOMAC	Efisiensi Transpor (100%)	Fluks Awal x 10 ⁻² (mg min.cm ²)
	Rata-rata	Rata-rata
25%	52.84 ^a	1,63 ^{ab}
30%	52.76 ^a	2,42 ^a
20%	50.75 ^a	1.31 ^b
15%	45.48 ^b	1.12 ^b
10%	34.24 ^c	0.90 ^b